

PatvAc

PSE-380000-2008-3

Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras

E6.1 – Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



Índice

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	OBJETIVOS DEL ENTREGABLE	3
1.2	ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	4
2	DIFUSIÓN GENERAL	5
2.1	REVISTAS SECTORIALES (ST6.1.1).....	5
2.1.1	REVISTA DE BIOMECÁNICA	6
2.1.2	REVISTA ASPAYM	9
2.1.3	AUTOCAD MAGAZINE	14
2.2	MEDIOS DE COMUNICACIÓN MASIVA (ST6.1.2).....	15
2.3	FERIAS DE MUESTRAS (ST6.1.3).....	15
2.4	ARPA 2008 VI FERIA DE LA RESTAURACIÓN DEL ARTE Y EL PATRIMONIO	15
2.4.1	CASA PASARELA 2009	17
2.5	OTROS CANALES DE DIFUSIÓN (ST6.1.4)	18
2.5.1	DIFUSIÓN EN WEBS	18
2.5.2	DIFUSIÓN EN JORNADAS TÉCNICAS.....	20
2.5.2.1	JORNADA TÉCNICA 24/11/2009 EN EL IBV, VALENCIA.....	20
2.5.2.2	JORNADAS SOBRE GESTIÓN CULTURAL DEL PATRIMONIO Y DISCAPACIDAD. CORTEGANA (HUELVA), 25 A 28 DE JUNIO DE 2009	22
3	DIFUSIÓN CIENTÍFICA	24
3.1	ARTÍCULOS CIENTÍFICOS (ST6.1.5)	24
3.1.1	ARTÍCULO "A SEMANTIC FRAMEWORK FOR ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS".....	26
3.1.2	ARTÍCULO "INFORMATION AND KNOWLEDGE SYSTEMS FOR INTEGRATED MODELS IN CULTURAL HERITAGE"	33
3.1.3	ARTÍCULO "A SYSTEMIC APPROACH FOR 3D RECOGNITION OF SIMPLE PRIMITIVES IN DISCRETE MODELS"	40
3.1.4	ARTÍCULO "NUEVOS MÉTODOS PARA VIEJAS TECNOLOGÍAS: ANÁLISIS Y DOCUMENTACIÓN DE LOS MATERIALES ARQUEOLÓGICOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS LÁSER-SCANNER 3D"	47
3.1.5	ARTÍCULO "REMOTE HEALTH MONITORING: A CUSTOMIZABLE PRODUCT LINE APPROACH".....	54
3.1.6	ARTÍCULO "UNA APROXIMACIÓN COMPUTACIONAL AL PEGADO DE FORMAS SIMPLES A LO LARGO DE SINGULARIDADES".....	63
3.1.7	ARTÍCULO "CONSTRUCTORS OF GEOMETRIC PRIMITIVES IN DOMAIN ONTOLOGIES FOR URBAN ENVIRONMENTS"	74
3.2	PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS	85
3.2.1	PONENCIAS EN CONGRESOS REALIZADAS.....	85
3.2.2	PONENCIAS EN CONGRESOS Y JORNADAS PENDIENTES DE REALIZAR	86
3.3	ORGANIZACIÓN DE UN CONGRESO	86
3.3.1	INTRODUCCIÓN.....	86
3.3.2	5º CONGRESO INTERNACIONAL CIUDAD Y TERRITORIO VIRTUAL, 5CTV	87
3.3.2.1	ANTECEDENTES	87
3.3.2.2	OBJETIVOS.....	90
3.3.2.3	ESTRUCTURA DEL CONGRESO	90
3.3.2.4	PROGRAMA DEL CONGRESO	91
3.3.2.5	PROGRAMA MESA TEMÁTICA 06	92
3.3.3	CONCLUSIONES	94
4	CONCLUSIONES DEL ENTREGABLE.....	95

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

1 ANTECEDENTES

Tarea	Tarea 6.1 Difusión
Duración	Mes 14 a mes 36
Líder	IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia)
Participa	Geocisa, Labein, UVA, UPM, ACCEPLAN, UPC, ACS
Entregables tarea	E6.1 (mes 36, borrador en mes 24) / E6.2 (mes 30)

El objetivo general del SP6 Formación y Difusión es obtener el mayor rendimiento posible al conocimiento de la accesibilidad en los Bienes de Interés Cultural que genera el proyecto, asegurando la transferencia de los resultados al entorno social, institucional, empresarial y académico, para que los beneficios a la sociedad se transmitan de la manera más adecuada y eficiente posible.

Tal y como se recoge en la Memoria aprobada para el ejercicio de 2008, el presente documento se encuentra enmarcado dentro de la “Tarea 6.1 Difusión” cuyo objetivo es asegurar una adecuada comunicación y difusión del proyecto con las investigaciones asociadas al mismo en todos los niveles, tanto en ámbitos especializados como en ámbitos más generales y desde un nivel local a un nivel internacional.

En el documento se recoge la difusión realizada en el proyecto hasta la fecha de la última actualización del mismo. **Cabe tener en cuenta que la versión final de este entregable se realizará al finalizar el proyecto de forma que recoja todas las actividades de difusión realizadas en el marco de colaboración del mismo.**

1.1 OBJETIVOS DEL ENTREGABLE

El objetivo de la “Tarea 6.1 Difusión” es alcanzar el mayor impacto social posible de los resultados obtenidos y dar a conocer los resultados del proyecto y la metodología PATRAC de valoración de la accesibilidad del patrimonio entre los profesionales de los distintos países.

Las actividades de difusión están encaminadas a:

- **Difundir los objetivos conseguidos:** Participación en revistas sectoriales, medios de comunicación, ferias, etc.
- **Contribuir en la sociedad científica:** Artículos científicos, participación en congresos y la organización de un congreso.
- **Difundir de las herramientas desarrolladas:** Permitirán la centralización tanto de la formación como de la difusión de los resultados alcanzados en el proyecto. Se difundirá a nivel general las herramientas desarrolladas en este proyecto: un sistema de información geográfica (SIG) que permite una buena gestión de la información espacial y una Ontología, la cual se pondrá en explotación a través de la web de PATRAC a cargo de la UVA.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

- **Extender la difusión:** Además de los agentes involucrados en los ámbitos de la discapacidad y la conservación del patrimonio se quiere realizar una difusión de carácter más general para contribuir a la generación de un consenso social acerca de la idoneidad de conservar el patrimonio y facilitar el acceso al mismo a todos los ciudadanos.

1.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se ha dividido en cuatro secciones:

- **La sección 1** describe los objetivos y la introducción al entregable enmarcado dentro de la “Tarea 6.1 Difusión”.
- **La sección 2** recoge la difusión general del proyecto realizada, es decir, la relacionada con revistas sectoriales, medios de comunicación masiva, ferias de muestras, etc.
- **La sección 3** incluye la difusión científica realizada, es decir, la relacionada la publicación de artículos científicos, contribuciones a congresos, cooperación con sociedades científicas, etc.
- **La sección 4** presenta las conclusiones del documento.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2 DIFUSIÓN GENERAL

2.1 REVISTAS SECTORIALES (ST6.1.1)

La difusión en revistas sectoriales se basa en la publicación de información básica sobre los resultados de proyecto, dichas revistas son consultadas por los principales agentes implicados en la accesibilidad al patrimonio, tales como personas con discapacidad (revistas: *Minusval*, *Aspaim*, *CAPACES*, *Boletín de Real Patronato de Discapacidad*), arquitectos y profesionales vinculados con la conservación del patrimonio (revistas: *Obras Públicas*) y profesionales vinculados con los productos de apoyo e inclusión (revistas: *Biomecánica cuadernos de información*).

Las acciones realizadas hasta la fecha de la última actualización de este entregable se muestran a continuación:

- ALONSO, F; MORA, D; BARBERÀ i Guillem, R; POVEDA Puente, R; BELDA Lois, JM. (2009) Conocer y conservar el patrimonio. Cómo conjugar un derecho con una necesidad. Revista de Biomecánica. 51. pp45-46. (Ver 2.1.1)
- MORA, D; POVEDA, R; BERMEJO, I. (2009) Los entornos adecuados a la diversidad funcional. ASPAYM. (Ver 2.1.2)
- BIERE, Rolando; MARAMBIO, Alejandro; CORSO, Juan Manuel. (2009) Integración de datos del Scanner Láser 3D y SIG en la generación y evaluación de recorridos patrimoniales. AutoCADMagazine (Aceptada y pendiente de publicación) (Ver 2.1.3)

Además, El Centro de Política de Suelo y Valoraciones, CPSV, está preparando un artículo de Evolución de la herramienta ACC3DE, desarrollada en el SP1, que será presentado en la revista Mapping

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2.1.1 REVISTA DE BIOMECAÁNICA

La “Revista de biomecánica” es una publicación que pone a disposición de empresas, entidades y personas con intereses próximos a los del Instituto de Biomecánica de Valencia, los resultados de las líneas de trabajo que en él se desarrollan a la vez que presenta una serie de noticias consideradas de interés para los sectores hacia los que el IBV orienta su actividad y su oferta de servicios

En el número 51 de enero de 2009 se ha publicado el artículo “Conocer y conservar el patrimonio. Cómo conjugar un derecho con una necesidad”; el artículo se puede también consultar on-line en la dirección <http://www.ibv.org/index.php/es/revista-biomecanica>.

ALONSO, F; MORA, D; BARBERÀ i Guillem, R; POVEDA Puente, R; BELDA Lois, JM. (2009) Conocer y conservar el patrimonio. Cómo conjugar un derecho con una necesidad. Revista de Biomecánica. 51. pp45-46.

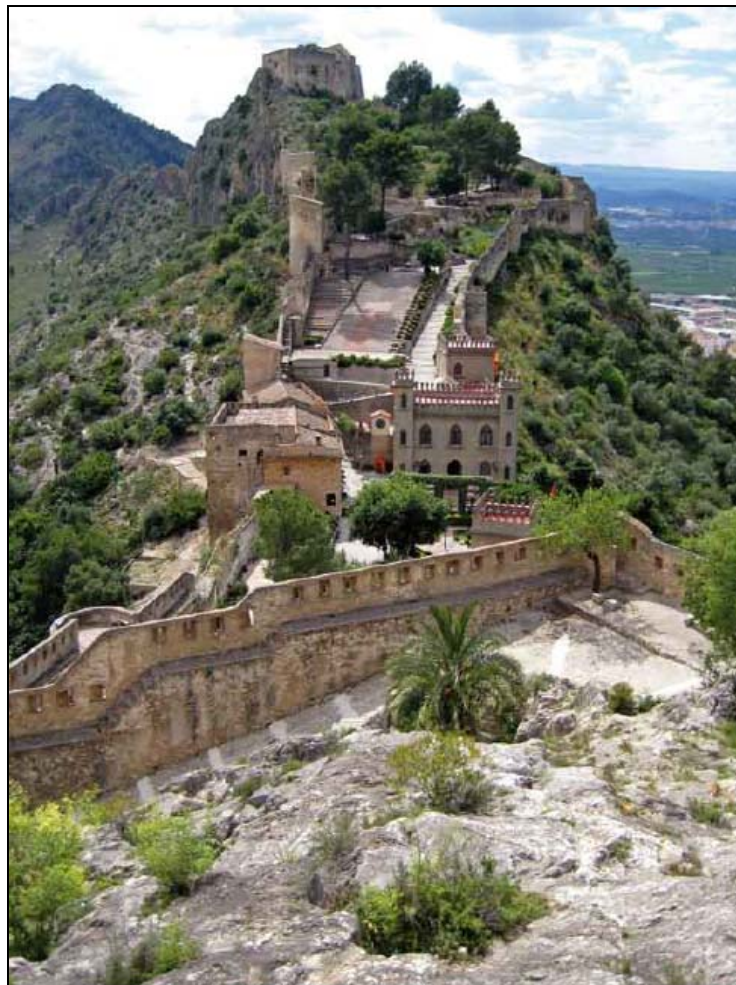


Ilustración 1. Revista de Biomecánica. 51. pp44.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



Ilustración 2. Revista de Biomecánica. 51. pp45.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

proyectos 46

✓ considera monumentos, conjuntos y lugares. La elaboración de esta metodología ha supuesto el estudio de una serie de aspectos.

En primer lugar, se ha realizado un análisis de la diversidad funcional de la población española, con el objeto de conocer sus limitaciones funcionales en relación con las barreras en el acceso al patrimonio. Este análisis se ha realizado a partir de la encuesta de discapacidades, deficiencias y estado de salud. De acuerdo con la metodología utilizada en el proyecto se han encontrado 5.372.942 personas con limitaciones funcionales **relacionadas con la interacción con el entorno patrimonial**, siendo las más frecuentes en el total de la población las pérdidas de visión (2.52%) y de audición (2.47%).

Los principales grupos de población que se beneficiarán de una adecuada gestión de la accesibilidad a los bienes patrimoniales son:

- Las personas con discapacidad transitoria.
- Las personas con discapacidad permanente.
- Las personas mayores.
- Las personas en situaciones especiales (embarazadas, con carritos de bebé, con bultos, etc.).

Para cada uno de los perfiles poblacionales encontrados, se han desarrollado guías de buenas prácticas que faciliten su acceso a los bienes patrimoniales.

Junto con las características funcionales de las personas, es necesario conocer los aspectos del entorno que determinan la accesibilidad. Para ello se ha realizado un análisis de las barreras existentes en el patrimonio cultural español. Mediante la aplicación del método ENABLER se han identificado 100 elementos que actúan como barreras. Estas barreras se han categorizado según el espacio al que pertenecen (exterior, accesos, interior) y de acuerdo con las restricciones que atentan contra la accesibilidad.

Asimismo, se han categorizado las posibles intervenciones al patrimonio en tres niveles (Figura 1): mínimo (intervenciones por mandato legal), posibilitista (incrementa las prestaciones de accesibilidad) y máximo (accesibilidad para el máximo número de usuarios).



Figura 1. Criterios básicos de intervención en el patrimonio.

Las limitaciones funcionales de los usuarios y el análisis de las barreras constituyen las etapas de identificación del problema. Por otra parte, es necesaria la elaboración de estrategias que permitan la solución del problema identificado.

Con ese objetivo, se ha realizado un análisis de los productos de apoyo susceptibles de ser empleados para la eliminación de las barreras. Estos productos se han clasificado en tres grandes grupos:

- Dispositivos destinados a salvar desniveles verticales: fijos, móviles.
- Dispositivos destinados a salvar distancias horizontales: fijos, móviles, turísticos.
- Sistemas de información: se ha elaborado un sistema de información para la recopilación e inventario de los sistemas existentes en la actualidad. Esta base de datos permite la introducción de datos *on line*.

Con todo ello se han analizado y categorizado los productos de acuerdo con las consideraciones estructurales y funcionales, las consideraciones estéticas teniendo en cuenta el impacto sobre el bien patrimonial, las consideraciones de usabilidad y las consideraciones económicas.

Finalmente, en los apartados en los que las barreras existentes siguen siendo importantes y es posible mejorar de manera sustancial los productos de apoyo existentes, se ha abordado el desarrollo de soluciones específicas para solucionar problemas concretos. Entre las soluciones abordadas en el proyecto, figuran Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la planificación de rutas accesibles y la evaluación de barreras, sistemas TIC para la información y la orientación en bienes patrimoniales y el desarrollo de ascensores.

Dentro de este mismo ámbito de desarrollo de soluciones específicas, el IBV está desarrollando, junto con AZTECA y ACCIONA, soluciones para la accesibilidad horizontal consistente en estructuras ligeras con pavimentos cerámicos que permitan la inclusión de elementos que aporten información y orientación sobre el bien patrimonial y con un impacto reducido.

CONCLUSIONES

El acceso a los bienes patrimoniales es un derecho de todas las personas que, sin embargo, está dificultado en muchas ocasiones por la naturaleza del bien patrimonial y por las necesidades de conservación del mismo.

Pese a ello, es posible abordar intervenciones respetuosas con el patrimonio y que, al mismo tiempo, incrementen de manera sustancial el grado de accesibilidad del mismo.

En el seno del proyecto PATRAC se ha elaborado una metodología específica para la gestión accesible del patrimonio, se ha efectuado un análisis de los productos de apoyo existentes que facilitan la accesibilidad y, por último, se han desarrollado soluciones específicas adecuadas a las peculiaridades del patrimonio.

AGRADECIMIENTOS

Las actividades desarrolladas en este proyecto han sido desarrolladas a través del proyecto PATRAC. PATRIMONIO ACCESIBLE: I+D+i para una cultura sin barreras, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (Plan Nacional de I+D+i 2004+2007, ps-380000-2006-2) y cofinanciado con fondos FEDER.

BIOMECÁNICA 51

Ilustración 3. Revista de Biomecánica. 51. pp45.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2.1.2 REVISTA ASPAYM

La “Revista ASPAYM” es el órgano de difusión de ASPAYM Comunidad Valenciana, pretende ser un medio de información para todos los interesados en los diferentes aspectos de las discapacidades, desde profesionales a las personas con discapacidad y su entorno. .

En el número 63 de marzo 2009 ha sido publicado el artículo “Los entornos adecuados a la diversidad funcional”, en él se presenta el proyecto PATRAC tratando el tema de la accesibilidad en Patrimonio Histórico.

MORA, D; POVEDA, R; BERMEJO, I. (2009) Los entornos adecuados a la diversidad funcional. ASPAYM

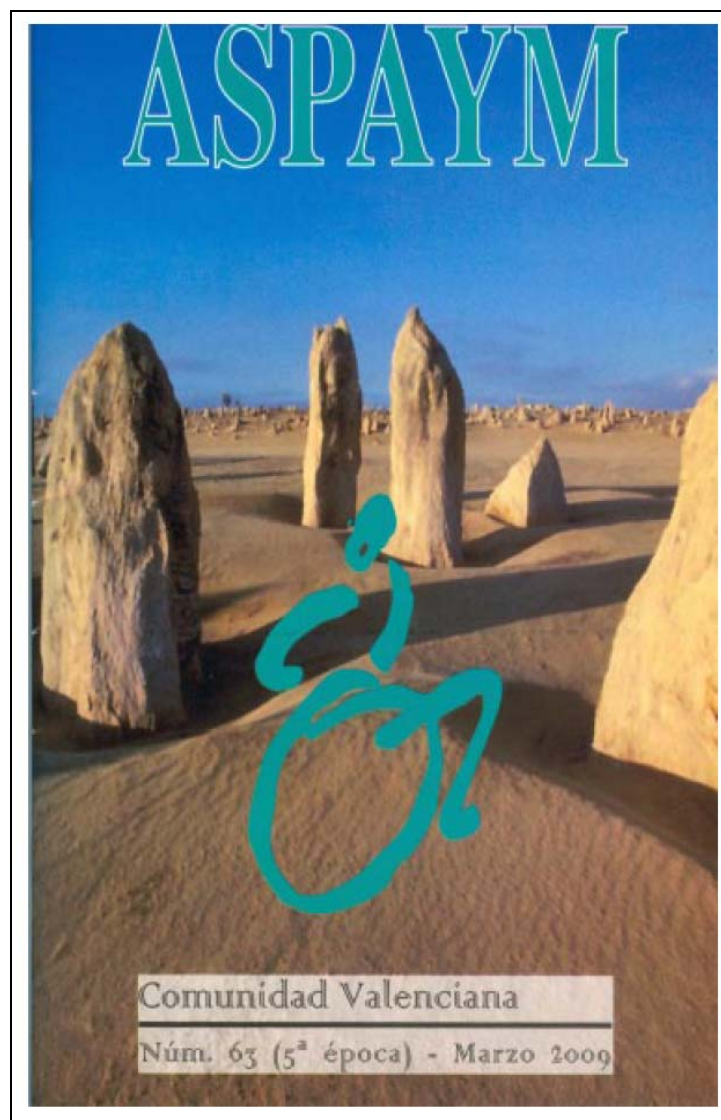


Ilustración 4. ASPAYM nº 63. Portada.

Accesibilidad

Los entornos adecuados a la diversidad funcional

Desde que el hombre apareció en la Tierra, se ha encontrado en un ambiente hostil, lleno de asperezas, dominado por la naturaleza. Pero con el pasar del tiempo el hombre ha sabido modificar el entorno en el que estaba, adaptándolo para cubrir sus necesidades.

Ha sido un proceso gradual; hoy en día estamos todavía en evolucionando, los entornos en los que vivimos intentan ser lo más confortables posibles pero aún no se puede decir que sean inmejorables. De hecho, la concienciación social de la existencia de entornos no adecuados ha dado lugar a una legislación que va a insistir en los fallos todavía presentes para corregirlos.

Un entorno adecuado es un espacio por el cual cualquier persona puede moverse y desarrollar sus actividades en condiciones de autosuficiencia, aunque muchas veces sea mediante el uso de productos de apoyo.

Para que un entorno sea adecuado hay que proyectarlo pensando en los usuarios que se beneficiarán de él. Las personas tienen entre ellas las mismas necesidades pero necesitan recursos diferentes para cubrirlas; se piense en los niños, en las mujeres embarazadas,

en las personas mayores, en las personas con algún tipo de discapacidad, etc. son personas que se distinguen entre ellas por las diversidades funcionales que las caracterizan.

Para adaptar el entorno a sus usuarios la accesibilidad es una condición básica, debe ser el fundamento alrededor del cual nazca el proyecto arquitectónico de un espacio cualquiera.

Realmente, la mejor accesibilidad es aquella que no se ve: construir un entorno accesible no significa construir un entorno paralelo, sino crear un espacio "cómodo" del que pueda disfrutar una amplia gama de usuarios.

En el campo arquitectónico, varios estudios han demostrado que incluir la accesibilidad desde la fase de proyecto es más económico y lleva a resultados más satisfactorios. Se ha visto que en edificios de viviendas el coste de la accesibilidad planteada en fase de proyecto incide entre un 0,25% y un 4% del coste de construcción, mientras que adaptar un espacio para eliminar las barreras arquitectónicas comporta gastos más elevados (dependiendo de las soluciones específicas adoptadas) y soluciones que no son siempre viables en un entorno ya construido.

16

Ilustración 5. ASPAYM nº 63, pp 16.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

La accesibilidad integral se consigue eliminando los elementos que actúan como barreras de comunicación o como barreras arquitectónicas. Consideremos, por ejemplo, el sector del turismo. Siendo España un destino turístico muy concurrido -es el segundo destino mundial que recibe más turistas extranjeros- la accesibilidad en ese sector es una condición necesaria, en particular frente a una población con un creciente índice de envejecimiento.

Para que un establecimiento turístico sea accesible integralmente debe contar con una infraestructura adecuada y con un servicio específico para el usuario. Los clientes tendrán diferentes necesidades y entonces se verán afectados por diferentes barreras. Por ejemplo, el turista extranjero que no conoce el idioma del país en el que se encuentra se verá afectado por una barrera lingüística de comunicación si nadie puede entenderle; un usuario de silla de ruedas se enfrentará a una barrera arquitectónica si no dispone de una rampa o un ascensor para salvar el desnivel de una escalera.

Un servicio turístico accesible, ya sea un hotel, un camping o una oficina turística, deberá tener personal formado para recibir a sus clientes y dispondrá en la recepción de empleados que hablen idiomas diferentes, entre ellos la lengua de signos, y que sepan atender a personas con discapacidad que necesiten un trato individualizado.

Además, contará con una infraestructura sin barreras arquitectónicas que permita acceder y circular por las instalaciones turísticas a usuarios de silla de ruedas, a familias con carritos de bebé, a clientes con maletas, etc. teniendo en cuenta también la disposición del mobiliario para que no obstaculice la libre circulación.

Por otro lado, se plantea también la accesibilidad en lugares turísticos que forman parte del Patrimonio Histórico español. Partiendo del hecho que es indispensable conservar el Patrimonio Artístico para transmitirlo a las generaciones futuras, su conservación y su usabilidad deben ser las acciones que miren a perpetuar en el tiempo el testimonio histórico que éste representa. Conocer el patrimonio es fundamental para conocer la cultura de un país; para hacer eso es imprescindible tener la posibilidad de acceder a él. En una sociedad que cada vez cuenta con más



17

Ilustración 6. ASPAYM nº 63, pp 17.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

personas con limitaciones funcionales hay numerosas barreras contra las que luchar.

Actualmente, en el proyecto "PATRAC, Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras" (proyecto estratégico singular en el que participa el Instituto de Biomecánica de Valencia junto con otros 22 socios y liderado por GEOCISA y LABEIN) se está estudiando cómo hacer accesible el patrimonio artístico español a la población entera. Conjugando la supresión de barreras con el diseño para todos se busca conseguir la accesibilidad universal.

Entre los bienes del Patrimonio Cultural Inmueble, los espacios que tienen más importancia son los que permiten acceder al edificio y circular por él.

Por eso la llegada al edificio debe ser inmediata; es fundamental contar con la presencia de aparcamientos reservados situados lo más cerca posible del edificio y con un servicio de transporte público accesible. Las rutas que llevan al edificio, los espacios de uso público y los itinerarios de circulación deben estar libres de obstáculos, lo más breves posible y deben estar claramente

señalizados y dotados de oportunas zonas de descanso.

La zona de acceso al edificio debe tener una anchura adecuada y debe permitir salvar desniveles con estructuras alternativas a las escaleras, por ejemplo rampas o ascensores.

Se plantea así una cuestión delicada: cómo intervenir en un patrimonio histórico que cuenta con monumentos, jardines históricos, zonas arqueológicas, sin alterarlo excesivamente para hacerlo accesible a toda la población. Un ejemplo emblemático es garantizar la accesibilidad vertical; para desniveles importantes queda bien resuelta con el uso de ascensores y para desniveles menos considerables con el uso de rampas. El problema de ambas soluciones es que tienen un alto impacto visual, sobre todo si son integradas a posteriori en una arquitectura histórica.



18

Ilustración 7. ASPAYM nº 63, pp 18.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

En cuanto a los aspectos legislativos, a nivel nacional contamos con la Ley 51/2003 de Igualdad de Oportunidades, No Discriminación y Accesibilidad Universal (LIONDAU), que intenta unificar términos y medidas de intervención para garantizar de igual manera en todo el Estado la igualdad de oportunidades de todas las personas que presentan una discapacidad, mientras que los parámetros técnicos a cumplir están desarrollados y recogidos en forma de Leyes, Reglamentos y Ordenanzas por las comunidades autónomas y los municipios. Citamos por ejemplo: leyes autonómicas relativas al uso de perros guía por personas con disfunciones visuales; leyes de movilidad y de taxi; leyes de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas, urbanísticas, de transporte y de la comunicación; ordenanzas municipales de accesibilidad; etc. Operando con el Patrimonio Histórico, la complejidad

está en el hecho de que la normativa de accesibilidad debe dialogar con los eventuales niveles de protección existentes para cada Bien.

En conclusión, hoy en día vivimos todavía en un entorno que es discapacitante para muchas personas, que por condiciones transitorias o permanentes tienen algún tipo de discapacidad que les impide ejercer sus propios derechos y disfrutar de los momentos de ocio.

Por eso es importante individuar los problemas y resolverlos con el objetivo de que la accesibilidad sea un concepto intrínseco al proyecto de un entorno y no un tema tratado aparte, a veces dejado sin resolver.

Al iniciar el siglo XXI sería conveniente que los arquitectos, ingenieros y urbanistas, así como todos los profesionales relacionados con el diseño del entorno, contemplaran en sus proyectos los requerimientos necesarios para que los espacios, elementos, productos y servicios diseñados, sin ser diferentes a los habituales, sean accesibles y ergonómicos a todas las personas, independientemente de cuál sea su situación y/o limitación.

**Diana Mora,
Rakel Poveda, Ignacio Bermejo
Instituto de Biomecánica de
Valencia**



Ilustración 8. ASPAYM nº 63, pp 17.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2.1.3 AUTOCAD MAGAZINE

AutoCAD Magazine es una revista de difusión que lleva 120 números y que en sus orígenes era una publicación únicamente en papel, pero que actualmente se edita también en formato digital. (<http://www.autocadmagazine.com>)

La web sigue los lineamientos editoriales de la revista, informando sobre los temas de interés históricos en la publicación. Publica temas referidos a las últimas novedades y noticias del sector de la informática en general y, al mismo tiempo, las relacionadas con las diferentes secciones prácticas y concretas: AEC, Mecánica, GIS, 3D, TDM.

También entrega información acerca de las ferias del sector, las rutinas, downloads y contenidos interesantes, al mismo tiempo, ofrece información sobre los artículos publicados en la edición impresa de autoCAD Magazine, y la oportunidad de acceder a muchos de los artículos aparecidos en la revista, sin coste alguno.

El artículo completo se añadirá a este entregable cuando el mismo haya sido publicado.

BIERE, Rolando; MARAMBIO, Alejandro; CORSO, Juan Manuel. (2009) Integración de datos del Scanner Láser 3D y SIG en la generación y evaluación de recorridos patrimoniales. AutoCADMagazine (Aceptado y pendiente de publicación)



Ilustración 9. Portada último número revista AutoCADMagazine.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2.2 MEDIOS DE COMUNICACIÓN MASIVA (ST6.1.2)

Esta subtarea se centra en la elaboración de notas de prensa que se distribuyen entre las principales agencias de información con el objeto de incluir noticias en prensa, radio y televisión, tanto a nivel estatal como autonómico.

Las acciones realizadas hasta la fecha de la última actualización de este entregable se muestran a continuación:

- Participación en la mesa redonda del programa de Radio Nacional de España Juntos Paso a Paso del día 16/5/2009
http://www.rtve.es/resources/TE_OJUPAPA/mp3/3/6/1242815911163.mp3

2.3 FERIAS DE MUESTRAS (ST6.1.3)

Esta subtarea se centra en la presentación del proyecto PATRAC en diferentes ferias relacionadas con el mismo.

A continuación se muestran las acciones realizadas hasta la fecha de actualización de este entregable:

- *ARPA 2008 VI Feria de la Restauración del Arte y el Patrimonio.* 20 de Octubre a 2 de Noviembre de 2008. Valladolid. (Ver 2.4)
- *Casa Pasarela. Pasarela de la Vanguardia del Hábitat.* 27 al 31 de Marzo de 2009. Madrid. (Ver 2.4.1)

2.4 ARPA 2008 VI FERIA DE LA RESTAURACIÓN DEL ARTE Y EL PATRIMONIO

Se celebró entre el 30 de octubre al 2 de noviembre de 2008 en el recinto de la Feria de la Restauración del Arte y el Patrimonio AR&PA, en su sexta edición. La organización corrió por cuenta de la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León. Se trata de la única feria del sector que se celebra en España, y una de las más importantes, junto a la de Ferrara en Italia, a nivel europeo.

PATRAC estuvo presente en un stand en el que había paneles informativos y también diversa información escrita y promocional sobre los contenidos y objetivos del proyecto.

Por las instalaciones del Ferial pasaron más de 35.000 personas entre las que podemos destacar la Consejera de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León, Dña. María José Salgueiro Cortiñas, que visitó el stand, así como su viceconsejero de cultura, D. Alberto Gutierrez Alberca, y su director General de Patrimonio Cultural, D. Enrique Saiz Martín; el Presidente de patrimonio Nacional D. Yago Pico de Coaña y otras muchas autoridades.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



Ilustración 10. Stand de la feria.



Ilustración 11. Poster de PATRAC presentado en la feria.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2.4.1 CASA PASARELA 2009

La feria “Casa Pasarela”, está concebida para ser la Pasarela de la Vanguardia para el Hábitat, incorporando importantes novedades dirigidas a impulsar el carácter profesional de la feria y promover un marco de negocio y promoción de mayor rentabilidad para expositores y visitantes. En 2009, la organización también ha apostado por el desarrollo de amplios programas de compradores que contribuyan a incrementar la cualificación y el número de visitantes profesionales, introduciendo en su temática el Contract.

Dentro de la feria, en el stand de AZTECA se presentó el proyecto PATRAC centrándose en el Subproyecto 2 y más concretamente en accesibilidad horizontal. La feria se desarrolló del 27 al 31 de Marzo de 2009 en Madrid.



PATRIMONIO ACCESIBLE: I+D+I PARA UNA CULTURA SIN BARRERAS

SUBPROYECTO 2: ACCESIBILIDAD FÍSICA
 Desarrollo de los productos y sistemas necesarios para garantizar un **acceso seguro y confortable** al monumento, de forma no discriminatoria, **para todos los ciudadanos**, de forma **compatible con el bien cultural y reversible**, tanto en las fases de conservación, como en la de “explotación” del patrimonio existente.

Ejemplo de posible actuación en la Ermita del Cristo de la Luz en Toledo

Descubrimiento de una calzada romana durante las intervenciones



La calzada es irregular → Problemas de accesibilidad

La calzada debe ser protegida dado su valor histórico

INTEGRACIÓN VIRTUAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA



Las características de la solución virtual adoptada son:

- Resistencia y ligereza.
- Fácil instalación y desinstalación (reversibilidad).
- Intervención poco invasiva.
- Solución integrada en el entorno.
- Seguridad y accesibilidad para todos.

Contribución de AZTECA: Accesibilidad horizontal mediante pavimentos





Socios participantes en el proyecto PATRAC:























PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (I+D+I 2004-2007). Ministerio de Educación y Ciencia. Enero 2007 – Diciembre 2009
www.patrimonioaccesible.com

Ilustración 12. Poster presentado en el stand de AZTECA.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2.5 OTROS CANALES DE DIFUSIÓN (ST6.1.4)

2.5.1 DIFUSIÓN EN WEBS

Dentro de este apartado se incluyen soportes no tradicionales como: el sitio web del proyecto, páginas web *institucionales*.

Las acciones se muestran a continuación:

- **Web de proyecto PATRAC:**



Ilustración 13. <http://www.patrimonioaccessible.com/index.html>

- **Web del IBV:** En la web del Instituto de Biomecánica de Valencia se muestra una ficha informativa del proyecto Patrac y una noticia relacionada con el proyecto.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



**ACTIVIDADES
PROYECTOS DE I+D**

Home > Actividades > Proyectos de I+D

PSE-380000-2007-4
Patrimonio accesible: I+D+i para una cultura sin barreras (PATRAC)





Ministerio de Educación y Ciencia. Plan Nacional de I+D+i 2004-2007. Proyectos Científico Tecnológicos Singulares y de Carácter Estratégico

(ESPACIO VIRTUAL DE COLABORACIÓN)

RESUMEN

RESUMEN

Fecha de inicio: 01/01/2007
Fecha de finalización: 31/12/2009
Duración: 36 meses
En ejecución: SI

Es necesario comprender las barreras existentes en el Patrimonio Cultural y su entorno entendidas como cualquier impedimento u obstáculo que limita o impide el acceso, utilización, disfrute, interacción y comprensión de manera normalizada, digna, cómoda, y segura de cualquier espacio, equipamiento o servicio.

Las obras y los edificios patrimoniales son un legado de todos, pero no son accesibles a la totalidad de la población.

Al plantear soluciones orientadas a la mejora de la accesibilidad se entra en conflicto en numerosas ocasiones con aspectos ligados a la preservación de las características formales y el valor histórico del edificio. El reto está en pensar la relación entre accesibilidad y conservación en el contexto del edificio en sí, su valor histórico-cultural y el servicio que proporciona.

Objetivos:

El objetivo global de este proyecto de investigación es el desarrollo de estrategias, productos y metodologías para facilitar el acceso, contemplación y captación de contenidos del Patrimonio Cultural Español de forma no discriminatoria, que resulten compatibles con las exigencias del monumento.

Todo ello parte de una estrategia de intervención en la edificación y el Patrimonio Arquitectónico para su rehabilitación, conservación y explotación bajo el marco común del Diseño para Todos.



Enlace a Web: www.patrimonioaccesible.com
Sector: Multisectorial
Socios:
• LABEIN-TECNALIA

- GEOCISA
- CLAR REHABILITACIÓN
- IBERMÁTICA
- I3B
- ACCIONA
- ORONA EIC
- ORONA
- B_3 ADAPTACIONES
- ANDAMION IN
- PROA SOLUTIONS
- EIDE
- DDM ARQUITECTOS S.L
- CIUDADES PARA TODOS, S.L.
- REFOART
- ITMA
- ACCEPLAN-UAB
- INSTITUTO BIOMECÁNICA DE VALENCIA
- UNIV. POLITÉCNICA DE MADRID
- UNIV. POLITÉCNICA DE CATALUNYA
- UNIV. DE VALLADOLID
- FUNDACIÓN ACS
- FUNDACIÓN ONCE
- SOCYTEC

Fuente: Ministerio de Educación y Ciencia. Plan Nacional de I+D+i 2004-2007. Proyectos Científico Tecnológicos Singulares y de Carácter Estratégico
Coordinador: GEOCISA

Imprimir página | Volver a menú

IBV

©IBV 2008 Aviso Legal / Soporte Técnico
Universidad Politécnica de Valencia - Camino de Vera s/n - 46022 - Valencia - España
Tel.: +34 96 387 91 60, Fax: +34 96 387 91 69
ibv@ibv.upv.es

W3C CSS W3C XHTML W3C A1.0 W3C A2.0 W3C A2.1
Powered by Adapting

Ilustración 14. <http://www.ibv.org/>







**INFORMACIÓN
ACTUALIDAD**

Home > Información > Actualidad

El IBV participa en un proyecto para eliminar las barreras arquitectónicas del patrimonio cultural español

El proyecto Patrimonio accesible (PATRAC) aplica I+D+i para una cultura sin barreras

Fecha de publicación: 24/11/2008

Nota de prensa sobre el proyecto Patrimonio Accesible (PATRAC), coordinado por GEOCISA, en el que participa el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV); llevado a cabo por un consorcio de 22 entidades y que persigue eliminar las barreras arquitectónicas en el patrimonio cultural español.

La iniciativa está financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del Plan Nacional de I+D+i 2004-2007, Proyectos Científico Tecnológicos Singulares y de Carácter Estratégico, Acción cofinanciada con fondos FEDER.

PatrAc

Descarga de documentos:

 Nota de prensa

Más información

Ilustración 15. <http://www.ibv.org/>

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

- *Artículo en EFE:*

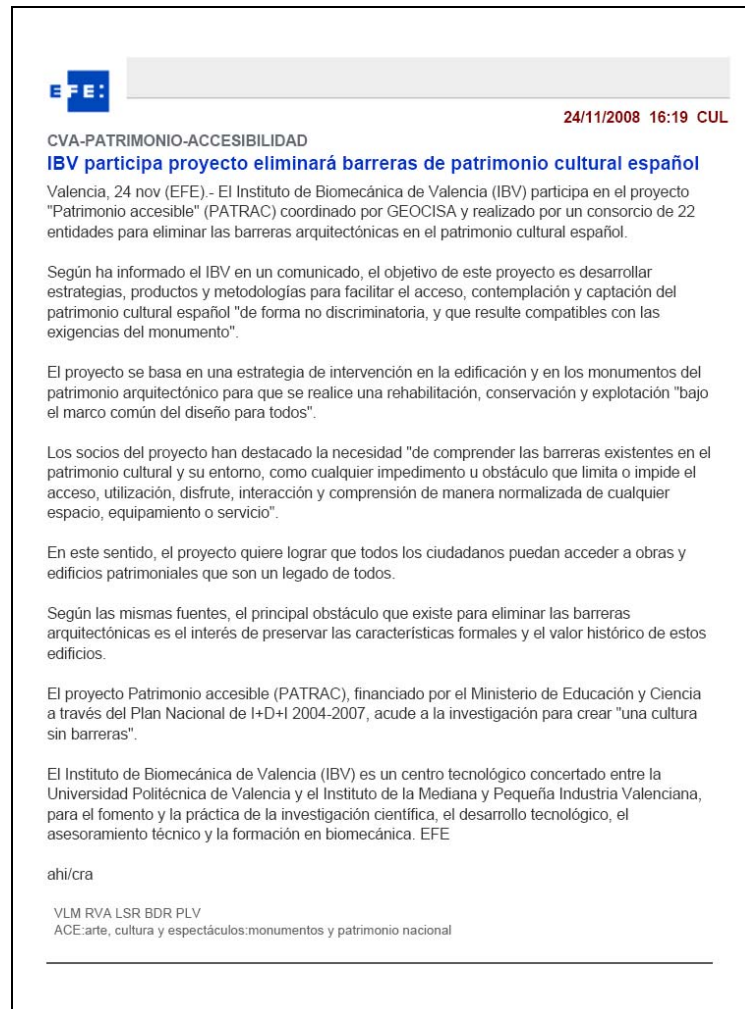


Ilustración 16. <http://www.efe.com/>

- **Web del Centro de Política de suelo y Valoraciones, CPSV, de la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC:** ha publicado en su página web, <http://www.upc.edu/cpsv> y en la web de la UPC, <http://www.upc.edu>, las reuniones de trabajo del proyecto, así como los avances desarrollados que son de carácter público.

2.5.2 DIFUSIÓN EN JORNADAS TÉCNICAS

Se trata de jornadas técnicas donde los socios participantes en el proyecto exponen los avances realizados en sus diferentes tareas y cometidos, y donde los asistentes tienen la posibilidad de compartir puntos de vista, aspectos técnicos, dudas, etc.

2.5.2.1 JORNADA TÉCNICA 24/11/2009 EN EL IBV, VALENCIA

Esta jornada técnica contó con la presencia de los siguientes asistentes:

Asistente	Empresa/Institución
-----------	---------------------

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Lucía Íñigo	GEOCISA
Aitziber Egusquiza	LABEIN
Fernando Alonso	ACCEPLAN (UAB)
Anselmo Soto	GEOCISA
Rosa Bustamante	UPM
Rolando Biere	UPC
Javier Finat	UV
Alfredo García	AZTECA
Diana Mora	IBV
Juanma Belda	IBV
Pau Natividad	IBV
Marta Valero	IBV
Juan V. Durá	IBV

La organización de la jornada, o orden del día, es el siguiente:

Orden del día

10:00 - 11:00	<i>Visita al IBV.</i>
11:00 - 11:15	<i>Pausa café.</i>
11:15 - 13:00	<i>Definición del problema: Los diferentes tipos de Patrimonio (GEOCISA).</i>
13:00 - 14:30	<i>Comida.</i>
14:30 - 15:00	<i>Contribuciones a la accesibilidad al patrimonio ya realizados en PATRAC (LABEIN).</i>
15:00 - 15:30	<i>Definición del problema: El uso de las TICs para el acceso a la cultura (UPC).</i>
15:30 - 16:30	<i>Hacia una explotación del conocimiento generado: Ontologías (UV).</i>
16:30 - 17:00	<i>Conclusiones.</i>

Definición del problema: Los diferentes tipos de Patrimonio (GEOCISA)

Existen distintos tipos de clasificación de los bienes patrimoniales para distintos aspectos, si bien se establece la necesidad de introducir una clasificación interna que de consistencia a los aspectos metodológicos que se van a desarrollar en el proyecto.

La clasificación básica que se está utilizando es la de UNESCO, en la que se hace uso del concepto de Patrimonio Tangible, que incluyen a: monumentos, conjuntos y lugares. Igualmente, se tiene en cuenta la clasificación del Patrimonio Histórico Español.

En el SP1 se ha realizado una clasificación de las distintas tipologías de patrimonio en función de la dificultad de acceso. Además, se ha tenido en cuenta la clasificación realizada por Marco Antonio Garcés en la que los distintos tipos de bienes patrimoniales se clasifican en función de su uso original (civil, militar o religioso) y de la facilidad de acceso. Esta clasificación se simplifica y adapta para el SP2. Finalmente, es necesario tener en cuenta el

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

uso (actual) del bien patrimonial dado que éste determina la accesibilidad en mayor medida que las características constructivas.

Con todo ello, se conviene en realizar una clasificación para uso interno en el proyecto. Se realizará en un Panel Delphi a partir de un borrador que elaborará el IBV y distribuirá el 12 de Diciembre de 2008. El 12 de Enero de 2009 se integrarán en el borrador las aportaciones de cada uno de los socios y se realizará una segunda integración que se cerrará el 23 de Enero.

Contribuciones a la accesibilidad al patrimonio ya realizados en PATRAC (LBEIN)

Se realiza una descripción de los entregables que se han realizado en el proyecto hasta el momento. En general el trabajo de las consultoras de accesibilidad tiene una influencia escasa en la parte de construcción, este hecho es todavía más destacado en las intervenciones en el patrimonio. Se comenta que el apartado de normativa habría que intentar estructurarlo mejor. Todos los entregables se pueden encontrar en el *ftp* del proyecto. Existen 3 Autonomías que tienen requisitos de accesibilidad al patrimonio cultural.

Definición del problema: El uso de las TICs para el acceso a la cultura (UPC)

Se comenta la importancia de los Sistemas de Información Geográfica para la valoración de la accesibilidad al Patrimonio. Se comenta la aproximación al problema realizada desde Patrac, la posibilidad de objetivar parámetros de accesibilidad a partir de las mediciones realizadas con escáner. De este modo se pueden realizar valoraciones cuantitativas, objetivas en itinerarios y en barreras para la accesibilidad.

Hacia una explotación del conocimiento generado: Ontologías (UV)

Se comenta el paso que supone el cambio de la *Web2.0* y fundamentalmente la *Web3.0* en cuanto al paso de una red basada en información a una red basada en el conocimiento. Las metodologías de la *Web3.0* permiten desarrollar sistemas semánticos en los que se especifica el significado y la relación entre términos. Se propone utilizar metodologías que permita la caracterización automática de los bienes patrimoniales a partir de recursos multimedia, de manera que se extraiga información que pueda después ser explotada en forma de conocimiento.

Conclusiones

- Se realizará una clasificación basada en estructuras abiertas cuyo primer borrador se realizará en el IBV.
- Se utilizarán las aproximaciones de la *Web3.0* para explotar el conocimiento generado en el proyecto.

2.5.2.2 JORNADAS SOBRE GESTIÓN CULTURAL DEL PATRIMONIO Y DISCAPACIDAD. CORTEGANA (HUELVA), 25 A 28 DE JUNIO DE 2009

Estas jornadas fueron organizadas por la Asociación de Gestores Culturales de Andalucía (GECA).

Se trata de unas jornadas donde se trata de poner de manifiesto la necesidad de gestionar el patrimonio cultural con perspectiva, pero no nos quedarse ahí. La intención es generar propuestas.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

A continuación se adjunta el programa de las jornadas.

PROGRAMA GC DEL P Y D

JUEVES 25 de junio

18:00 RECEPCIÓN.
Recepción de documentación por los asistentes.

19:00 INAUGURACIÓN.
D. Américo D. Martín García, Alcalde-Presidente del Ayuntamiento de Cartagena.
Dña María Plans Solís, Jefa de Programas Culturales de la Obra Social de Caixa Catalunya.
Ludiano Ormaga, Presidente de la Asociación Sema de Discapacitados Puente Viejo.
Rafael Raso Bascón, Fundador y vicepresidente de Raz y Bien.
Sebastián Martín, Presidente de Asociación Amigos del Castillo.
Antonio Farnández Tizrañcho, Presidente de Asociación Cultural Liria.
Rafael Mosquera Añón, Presidente de Asociación de Cervezas Culturales de Andalucía-GECA.

20:00 PONENCIA-MARCO:
CULTURA Y PATRIMONIO PARA TODOS Y TODAS.
Pablo Andueza.
PROYECTO PATRAC: Patrimonio Accesible II - Qui para una cultura sin barreras.

21:30 CULTURA DESDE LOS SENTIDOS:
Música (folklore popular sevillano)
Teatro y Vídeos.
Teatro Capota Sema.

VIERNES 26 de junio

10:30 1ª CONFERENCIA:
GESTIÓN CULTURAL DEL PATRIMONIO Y ACCESIBILIDAD
Aurora Villabona, Arquitecta del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico-IAPIH.

12:00 1ª MESA:
DISCAPACIDAD, CREATIVIDAD Y GESTIÓN CULTURAL
Esmeralda Valderama, Directora de la Campaña Dama Móvil.
Helena Benito, Responsable del Área de Gestión Cultural y de Participación de GECA.
Fundación OMCE, Centro Cultural en Orde European Network.

17:00 2ª MESA:
ACCESIBILIDAD EN EL CASTILLO DE SANCHO IV Y TURISMO CULTURAL PARA DISCAPACITADOS EN CARTAGENA.
Sebastián Martín, Asociación Amigos del Castillo.
Ludiano Ormaga, Presidente de la Asociación Sema de Discapacitados Puente Viejo.
Rafael Raso, Asociación Raz y Bien.

21:00 CULTURA DESDE LOS SENTIDOS:
REGISTRO DE POESÍA ASOCIACIÓN HUEBIA
Teatro Capota Sema.

GESTIÓN CULTURAL DEL PATRIMONIO Y DISCAPACIDAD

*Sede de las jornadas:
Campus de Turismo Accesible "Sierra Liza" (Asociación Raz y Bien).*



25/28 JUNIO 2009
Cartagena (Huelva)

SABADO 27 de junio

10:30 2ª CONFERENCIA:
DISCAPACIDAD Y GESTIÓN CULTURAL.
José Antonio Juncá Urbina, Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Asesor en Accesibilidad de las Universidades de Madrid, Doctor General de Salud y Técnico EDCY TEC S.L.

12:00 3ª MESA:
LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO TURÍSTICO-CULTURAL EN LA SIERRA DE HUEBA Y SU ACCESIBILIDAD
Antonio Farnández Tizrañcho, Presidente de la Asociación Cultural Liria.
Carleen Martín Rodríguez, Consejo de Turismo de Ayuntamiento de Cartagena.
Ana M. Torres Briones, Consejo de Cultura de Ayuntamiento de Cartagena.

PROYECCIÓN AUDIOVISUAL "PATRIMONIO Y ACCESIBILIDAD EN EL PARQUE NATURAL SIERRA DE ARACENA Y RÍOS DE ARCOHE":
Asociación Cultural Liria.

PROYECCIÓN AUDIOVISUAL "NUESTRA SIERRA, NUESTROS BARREROS":
Asociación Sema de Discapacitados Puente Viejo.

17:00 4ª MESA:
DECÁLIGO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN CULTURAL DEL PATRIMONIO DESDE LA PERSPECTIVA DE LA DISCAPACIDAD
Aureli Vilanova, Gerente de Asociación Española de Centros del Patrimonio Cultural-AEGPC.
Clara Chis, Gestora Cultural de ClaretChis.

21:00 CULTURA DESDE LOS SENTIDOS:
Danza Grupo Danzarapía, Asociación Paz y Bien Teatro Capota Sema.

DOMINGO 28 de junio

10:30 CONCLUSIONES DE LAS MESAS:
Dedicación de Cartagena para la Gestión Cultural y la Discapacidad.

12:30 CONFERENCIA DE CLAUSURA:
DISCAPACIDAD Y GESTIÓN CULTURAL DEL PATRIMONIO EN EL MARCO EUROPEO.
Aurora Villabona, Vicepresidenta de European Institute for Design Disability y Directora de la Unidad de Discapacidad para Todos de la Universidad de Bolonia.

Organiza:
Asociación Gestores Culturales-GECA

Entidad Colaboradora:
Obra Social Caixa Catalunya

Otros colaboradores:
Ayuntamiento de Cartagena
Asociación Raz y Bien
Asociación Sema de Discapacitados Puente Viejo
Asociación Amigos del Castillo de Cartagena
Asociación Cultural Liria
Asociación Española de Gestores del Patrimonio Cultural-AEGPC
Federación Estatal de Asociaciones de Gestores Culturales- FEAGC

GECA, C/ Realidad 10, 2º de Puente Viejo
41002 Sevilla
www.gestores-culturales.org
gestores@gestores-culturales.org
Tel: 954 622 224 - 954 622 244

Secretaría Técnica e Impresión:
Dilecta Producción Cultural
comunicacion@produccion.com
Tel: 954 622 224

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3 DIFUSIÓN CIENTÍFICA

3.1 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS (ST6.1.5)

Esta subtarea está centrada en la publicación de artículos científicos, principalmente en revistas de impacto (*Disability and Rehabilitation*, *IEEE Transactions for Rehabilitation Engineering*, *International Disability Studies*), aunque también se valora la inclusión de artículos en otra revistas indexadas (*Technology and Disability*, *ACE arquitectura ciudad y entorno*) aunque todavía no dispongan de factor de impacto publicado por ISI.

Las acciones realizadas hasta la fecha de la última actualización de este entregable se muestran a continuación:

- J.Finat: "A semantic framework for Energy Efficiency in Buildings", Trilling, Perkins et al (eds): "Recent Advances in Energy and Environment", 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy and Environment (EE09), ISBN 978-960-474055-0, ISSN 1790-5095, WSEAS Press, 455-460.
- J.Finat, R.García, J.Martínez, J.D.Pérez-Moneo, J.I.SanJosé, J.J.Fernández-Martín: "Information and Knowledge Systems for Conservation Tasks", The Intl. Archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, "International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage " Vol. XXXVIII, Part: 5/W1 34, ISSN 1682-1777, 2009.
- J.Finat, A.Hurtado, J.D.Pérez-Moneo, J.J.Fernández-Martín, J.I.SanJosé-Alonso, J.Martínez-Rubio. L.Fuentes: "A systemic approach for 3D Recognition of simple primitives in discrete models", The Intl. Archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, "International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage " Vol. XXXVIII, Part: 5/W1 34, ISSN 1682-1777, 2009.
- D.Rubio, J.M.Rubio, J.Baenar, J.J.Fernández y J.Finat: "Nuevos métodos para viejas tecnologías: análisis y documentación de los materiales arqueológicos mediante la aplicación de sistemas Láser-scanner 3D". I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación. Sevilla 17-20 de Junio de 2009.
- M.A.Laguna, J.Finat, and J.A.González: "Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach". Published in Springer-Verlag (Berlin, Heidelberg, New York), and presented in IWAAL - International Workshop of Ambient Assisted Living, University of Salamanca, Spain. 10-12th June, 2009.
- A.Hurtado, J.Finat: "Una aproximación computacional al pegado de formas simples a lo largo de singularidades". XIII Encuentros de Geometría Computacional, Zaragoza, 29 junio - 1 julio de 2009.
- J.Finat, F.J.Delgado, R.Martínez, J.J.Fernández, J.I.San José and J.Martínez: "Constructors of Geometric Primitives in Domain Ontologies for Urban Environments". COST UCE Action C21 Urban Ontologies for an improved communication in UCE projects – TOWNTOLGY. Lieja, Belgium, March 2009.

El Centro de Política de Suelo y Valoraciones está preparando un número monográfico especial de su revista **ACE arquitectura ciudad y entorno**, (<http://www->

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

cpsv.upc.es/ACE) tanto en su formato electrónico (ISSN: 1886-4805) como en su formato papel (ISSN: 1234-5678) dedicado a PATRAC, cuya editorial se centrará en la presentación de los aspectos básicos de éste. Inicialmente se había planteado su publicación en el Número 11 | Octubre 2009, sin embargo debido a la situación de retraso de la resolución de la convocatoria y a la solicitud de prórroga en la entrega de resultados de 2008 y consecuentemente de 2009, se ha decidido retrasar su publicación al **Número 12 | Febrero 2010**.

Además, se espera publicar los resultados en *Technology and Disability* enviando un borrador antes del fin de 2009.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.1 ARTÍCULO “A SEMANTIC FRAMEWORK FOR ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS”

J.Finat: “A semantic framework for Energy Efficiency in Buildings”, Trilling, Perkins et al (eds): “Recent Advances in Energy and Environment”, 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy and Environment (EE09), ISBN 978-960-474055-0, ISSN 1790-5095, WSEAS Press, 455-460.

La 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy and Environment (EE09) es reconocida internacionalmente como el foro de comunicación de los últimos avances en sistemas energéticos, energías renovables, energías eléctricas, etc., así como su interacción e impacto en otras áreas como la ingeniería medio-ambiental, ingeniería civil, la ingeniería química, la ingeniería mecánica, la ingeniería eléctrica y la física aplicada.

A semantic framework for Energy Efficiency in Buildings

JAVIER FINAT
University of Valladolid
MoBiVA R& D Group, Lab 2.2
Scientific Park, Campus M.Delibes, 47011 Valladolid
SPAIN
jfinat@agt.uva.es, <http://mobivap.uva.es/>

Abstract: Energy efficiency in buildings involves to the interoperability between tools for integrated networks of sensors for data (capture, monitoring and control), 3D Information Systems in AEC for their representation, and services architectures for their management. The interoperability between all of them requires a semantic framework able of identifying patterns, managing models and exchanging information on a common support. In this paper we present a theoretical dynamical setting following organizational modeling for making compatible the interplay between different stakeholders operating in built and energy environments.

Key-Words: Differential Models, Energy Efficiency, Urban GIS, Artificial Intelligence in Design, Multiagent System, Organizational Models

1 Introduction

Along last decades there exist an increasing energy demand for built environments, and a need for reducing carbon emissions. Currently, buildings spend about half of total energy in the EU zone, and produce 22% of total CO₂ emissions in the EC - more than industrial sector. Unequal performance between different areas in the EU display important achievements, but also, a lack of development and integration of solutions, involving to modeling, implementation and dissemination of best practices. It is clear that efficiency must be rely on effectiveness of involved technologies and trust on providers for each urban environment, but this remark does not justifies an strictly empirical or case-based approach. It is necessary to make an additional effort in modeling for trying of unifying different partial solutions to this problem. From a qualitative viewpoint, there are several approaches to energy efficiency: Information Systems for Urban Environments for the physical support, Integration of Sensor Networks for warranting effectiveness of involved technologies in Extended Domestic Applications and/or Services Oriented Architectures (including Remote Monitoring and Control Strategies) for evaluating trust of different stakeholders in the supply/demand energy sector for buildings [4]. Nevertheless the achievements of each approach by itself, we have not still a common framework for integrating all of them in a common framework. Furthermore, there exists a divorce between such qualitative approach and quantitative structural

models arising from Statistics (Econometrics, Operational Research), Differential Geometry (Comparative Statics) and their combination (Optimization and Control).

Heterogeneity of data, software platforms and stakeholders relative to the energy sector are a source of troubles for exchanging information and reusing modeling and software tools. It is commonly accepted that semantic approaches provide a support for exchanging information, generating knowledge and interoperate in an effective way. Relative to the support, there is a very large diversity of GIS software tools applied to urban environments with facilities for navigating and inserting information in an interactive way. However, very few of them have developed a semantic framework for making possible the interoperability between different tools. The Open Source Software platform CityGML (www.citygml.org/) provides a modular approach for integrating surveying, planning and simulating interventions, and with several applications in technological domains. CityGML provides a hierarchised support for integrating every kind of spatial and non-spatial features in a common framework. CityGML is organized following a semantic approach for making easier the interoperability between different sources, tasks and knowledge domains.

Along last five years, a large amount of work is being focused towards Integration of Sensor Networks (ISN) for improving the energy efficiency in buildings (see e.g. [2] and references therein). This effort is being translated in an increasing volume of data and the development of business strategies for provid-

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

ing services to stakeholders in energy and construction sectors with an important component of innovation. Predominant approach is local, i.e. it involves to small-size scale, but it concerns rarely to mid-size scale models for urban environments. Mid-size scale models require to specify goals, identify constraints and try of solving them in a more global framework. First of all, an integrated global analysis concerns to advanced modeling for energy demand/supply in urban environments from an increasing amount of information and implementing software solutions for their treatment.

The main problem is how to design a feedback between the physical support (domain), stakeholder's behavior (users, including the possibility of changing roles) and goals to be achieved (under external -legal framework- and internal rules). These remarks show the need of developing a semantic approach for solving and managing heterogeneous data and behaviors. Indeed, a semantic approach is the key for developing interoperability between different agents according to the specification of components (lexicon, thesauri, taxonomies) and depending on the level (domain, tasks or user) of involved ontologies. In the short term, one can not expect a general solution for achieving the interoperability in a multiagent framework with changing roles for the agents and with complex interactions and goals as energy efficiency in AEC environments. A higher effort in designing and implementing more advanced organizational models for industrial sectors is needed. The framework for our proposal can be included in organization models as paradigm for agent-oriented software engineering ([1]).

Our contribution intends only to provide some basic mathematical modeling elements for articulating different software tools which are referred to a common semantic framework in the AEC domain. The developed strategy consists of implementing a collection of symbolic representations which can be understood as different layers superimposed to a space-temporal 4D environment. Such symbolic representations provide the physical support for managing information and developing a semantic approach under the CityGML framework. According to this goal, this note is organized in the following sections. Section 2 is focused towards the identification of some troubles and challenges regarding the integration of increasingly amount of available data for power supply/demand in urban environments. These remarks show the need of extending the current modeling framework for giving an integrated and distributed solution to organizational models for domestic energy markets, which is accomplished in the section 3. Finally, section 4 is focused towards an agent-oriented

integration of modeling and ontologies in the framework of organizational models in this section a special regard is paid to exploiting some analogies between roles/tasks and agents/users which are complementary of the approach developed in the subsection relative to domain ontologies.

2 Differential modelling

Along last twenty years there has been a lot of important contributions arising from Econometric, Optimization and Operative Research viewpoints. However and in spite of their very interesting contributions, there is still a lack of unified model able of integrating structural aspects with corresponding states involving different stakeholders and transitions between them. This section is focused towards the identification of some weak points of traditional approaches and try of providing some suggestions for remediate them.

A natural hierarchy arises from the aggregation of subsectors corresponding to supply (conventional or renewable large firms for production, or agents for distribution) and demand (different stakeholders involving citizens or small communities). The (des)aggregation must involve to production, consumption and transportation. Traditional approach is formulated in the framework of the General Equilibrium Theory with different econometric submodels which can be approached by means of the (des)aggregation in terms of simpler components by using linear programming, e.g.. In this case, the equilibrium solution correspond ideally to the intersection of integral varieties corresponding to the aggregation of supply/demand models. In particular, by using ideal conservative models whose dynamics arises from a potential function, qualitative changes are controlled by topological changes in solutions, and their space-temporal evolution are approached by PL-steepest (ascent or descent) methods. In the classical framework (comparative statics) equilibria are characterized as intersections between maps of isolines (isohypersurfaces in general), with a similar shape for solutions.

From the differential viewpoint, isohypersurfaces are the maximal integral solutions (leaves) of a foliation given by a Pfaff system of differential forms or a distribution of vector fields describing the global dynamics. But, hypotheses about the smooth behavior of solutions is, unfortunately, non-realistic. Indeed, comparative statics framework is very limited for real world behavior; it works under strong smoothness and complete information hypotheses, only. But it does not work even in presence of concavities in

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

volving distributions of goods and services Concavity conditions introduce the existence of different minima (wrong optimal conditions) which have been considered from several years ago in the energy sector (see e.g. [3]). Local minima can be avoided by making an inversion of the local potential function (as in Robot Motion Planning); but it is necessary a previous estimation of such concave regions. Thus, it is necessary to extend the comparative analysis to include more complex dynamic behaviors from one side, and equilibrium retrieval under incomplete information. In particular, stakeholders have a behavior depending on changing initial and boundary conditions, which are adjusted in function of its perception; furthermore, they can exchange their role (as suppliers or demanders) in a decentralized model based in renewable energies. Thus, it is necessary to anticipate changes from external factors (involving weather or expected consumer's behavior, e.g.) in terms of smooth variations (alterance between concavity and convexity in iso-preference maps, e.g.), even if critical points are not still detected. Thus, traditional differential or econometric models must be completed with a feedback arising from "data interpretation" arising from different kinds of stakeholders which can be modeled as an aggregation of typical agents.

Some important troubles concern to a) low system efficiency (lesser than 10 %); b) a very high concentration of supply; c) the gap between pragmatic practices of energy industrial providers from one side, and modeling experts and software developers, from the other one; d) the current inefficiency of distribution networks due to a strongly centralized organization of production and distribution networks with undesired effects (such as long-distance transportation losses, e.g.); e) inability for managing changes in human behaviors. The topology of the current supporting network can be described in terms of few central nodes or hubs with a very large number of unidirectional connections, i.e. a Directed Acyclic Centralized Graph (DACG).

Corresponding challenges concern to how a) to increase system efficiency (till at least a 30% following recommendations of the EU); b) to manage solutions in an increasingly free market for provision of services linked to energy supply; c) to solve relations between different stakeholders in an increasingly liberalized market; d) to redesign of tools for managing decentralized networks with a variable topology e) to estimate and aggregate typical patterns (signal transduction for self-adaptation to sudden changes) for describing agents behaviors (see [5] for a classical approach near to tour viewpoint, e.g.). The topology of the future supporting network must be described in terms of a large number of hubs with a lower number

of connected agents for each node, but a higher degree of connectivity between them and exchange of demand/supply characteristics, i.e. a Reversible strongly Distributed Graph (ReDG); obviously, a ReDG will have cycles in the next future but most of the current physical support does not still support redistribution based in reversible energy flows.

To accomplish this proposal it is necessary to develop appropriate software platforms, i.e. libraries of software resources defining abstraction layers which will be interconnected between them through the specification of adequate protocols. There exist already integrated network of sensors which are being applied to advanced domotic environments, even for a large amount of sensors (about a sensor each ten square meters in domotic environments). Next step concerns to a development of an integrated network of software platforms (INSoP) with a physical support given by distributed instead of centralized topologies; one can think about it as a soap of software platforms which must be dynamically connected between them, in order to provide agile cycles for software-based delivery services. A smart INSoP must be self-adaptive, i.e. must be able of adapting itself to short-term supply fluctuations (corresponding to sudden weather changes, with the corresponding influence in energy supply for renewable energies, e.g.) and mid-term demand changes in density or relative distribution of potential customers in presence of several operators. The management of this INSoP poses new challenges from modeling and computer implementation viewpoints. Multiagent systems provide a support for integrating changing networks and interactions between different stakeholders in evolutive systems.

3 Modeling dynamical networks in energy markets

Due to its high social impact, energy market is a strategic sector which requires an integrated approach in terms of adaptive organizational structures. An organizational structure is given by a set of entities, and relations between them in a space-temporal context. To begin with, let us fix some basic ideas for the context, whose terms would correspond to a domain ontology, following the terminology which will be developed from the next section. The increasing liberalisation of the energy market is giving a large diversity not only of producers in the same geographic area, but also the possibility of managing services in a remote way from different agents. Furthermore, the existence of small producers of renewable energies near to urban areas (inside in the next future), exchanges traditional roles in such way that some energy cus-

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

tomers can become power suppliers (conditioned urban zones).

These transformations must be accompanied of a more flexible framework for a dynamic hierarchical modeling of reversible distribution networks involving the physical support (ontology domain for production and consumption roles), and anticipatory/compensatory effects for design flow of services. It is well known that the increasing of the number of levels in hierarchies tends to decrease efficiency in organizations. However, the lack of structural specifications involving entities and their relations decreases the effectiveness. Thus, it is necessary to design and specify a model and its software architecture allowing to maintain the performance of the live organizations.

Traditional quasi-static approach for the context follows a centralized model, where each consumer is modeled as an agent (with a fixed role as consumer) which is connected only to a supplier. In this centralized framework, each behavior is described by means of an equation, and the analysis of global behavior is linked to the solution of thousands of simple equations. This method displays a high complexity, requiring higher computational resources and becomes untractable when nonlinear behaviors are allowed for agents. In biological models the nonlinear dynamics of transcription between genetic information is performed by proteinic regulators, whose critical levels are initially considered as unobserved parameters. In power distribution networks, weather changes can modify not only the global amount of energy flow circulating in the network, but also the character of stakeholders participating in the demand/supply market. One can not expect a unique pattern, and final effects will depend on the scale and the aggregation level for the analysis.

From the estimation (sampling, bayesian inference) viewpoint and depending on the aggregation degree, we are developing two modeling strategies which can be labeled as (i) Distributed computations for making easier the local disaggregation, (ii) Statistical Thermodynamics for integrating data in estimating global behaviors. Both of them can be considered as two ways of observing the same phenomenon corresponding to small and large scales. The interplay between both of them is a classical subject in micro-and macro-physics, but it has received comparatively less attention in social sciences.

3.1 Integrating design and information systems

The City Geographic Markup Language (CityGML, in the successive) is an open data model for an integrated design of technical solutions involving model-

ing and exchanging 3D information of urban environments. CityGML integrates usual GIS representations (raster and vector information), Data Mining, VR modeling, Advanced Visualization Tools, and their applications (urban and landscape planning, cadastral services, support for mobile communications, tourist, commercial and leisure activities, etc) under a semantic approach. A specific additional module for noise has been recently developed. Currently, we are developing a module for energy efficiency in buildings to incorporate constraints arising from different sources: (i) rules involving the domain (legal normative, directives or recommendations of the EU), (ii) roles for agents which are present in the energy sector, and (iii) capabilities linked to transitions.

Usual formulation of constraints involving domain, users and task ontologies is formulated in terms of logic verification of qualitative assertions (such as "to achieves", "requires", e.g.) which can be implemented in boolean terms. In control terms we would have only some switching mechanisms for changing behaviors when critical events are detected. However, it seems more convenient to anticipate such sudden changes. This involves to several aspects which must be incorporated to modeling including parameters identification (for stakeholders modeled as agents) and resulting dynamics (roles to be played depending on tasks to be performed) in function of typologies (concerning to the domain).

More formally, we would have two strategies for identification based on (i) local disaggregation of agents controlled by adjacency matrices for linear models; and (ii) global behavior of subsystems controlled by Gibbs samples for non-linear evolving constraints involving groups of stakeholders. It is not clear which could be an optimal feedback between both strategies. Because of this, we are working on a simple Bayesian approach, due to their facilities for describing a feedback between a priori and a posteriori analysis, and facilities for implementing maximum likelihood optimization procedures.

4 Multiagent software solutions for Ontologies Design

Initially, an agent is defined as a software-oriented process which is autonomous, has a social ability for communication, with reactivity and proactiveness properties in regard to other agents [Woo95]. Agent-oriented Software Engineering (ASE) is organized around goals, roles and agents. ASE organization presents strong similarities with Functional Design for Ontologies (FunDO) organized in domain, tasks and user ontologies. This functional similarity rela-

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

tive to software architectures makes easier the design and transference between services provision based in software tools for ASE and FunDO. Hence, we are following a design based on exploiting similarities between both knowledge areas.

There are two large types of tasks/roles: a) Monitoring and control: Data capture (monitored environments), low-level local processing of information relative to individual agents and their aggregation, tracking of individuals for extracting typical behavior patterns; b) Management: Reduction and selection of meaningful information depending on the context, Anticipation or detection of conflict situations, Decisions for possible responses. Both types of tasks support hierarchies linked to decompositions in subtasks or desaggregation depending on the interaction with other agents; such hierarchies can be managed in terms of hypergraphs for controlling elementary operations on graphs (addition/subtraction, contraction/expansion).

Similarly, one has two large types of agents/users: Monitoring Agents and Management Agents with their corresponding optimization procedures. For designing and implementing best practices, and in correspondence with both types of agents we have: a) optimization procedures involving monitoring agents which depend on a hierarchy of subgoals for capabilities linked to tasks (objective functions) according to their certifications for developing their roles (cost functions); b) optimization procedures involving management agents which depend on goals on the domain (objective functions) with their corresponding rules, normative or rules (cost functions). Validation of capabilities and rules is performed in terms of boolean models. Common organizational aspects (relative to subgoals and subtasks, e.g.) follow a flow diagram. Hence, from the classical viewpoint we have two optimization processes involving the domain (physical space) and tasks (representing paths which can be visualized as transformations or transitions between states, from the discrete viewpoint). Now, the problem is how to construct a general scheme for designing a feedback between both optimization procedures. An adaptation of Fiber Bundles provides a general framework:

Some meaningful entities for geometric or topological modeling based in Fiber Bundles are given by (i) a base space B (space-temporal representation of the physical state of a building or a bounded urban environment, e.g.); (ii) a superimposed structure E (whose "sections" extend the notion of dynamical systems for describing interactions in a previously specified domain); (iii) a collection G of local transformations (representing transitions of the system, e.g.). The simplest structure containing the above three ele-

ments is the notion of fiber bundle given by a 5-tuple $\xi = (E, p, B, F, G)$ where E is the total space, B the base space, $p : E \rightarrow B$ the structural projection (linking the structure and the base space), F the typical fiber (isomorphic to a cartesian space, often) and G the structural group of transformations (linking common data which are perceived in different ways by different observers). All these data verify some local triviality conditions which allow to patch together different local data. Nevertheless the interest of this notion for a lot of applications, it is too strong for representing the large diversity of organizations and energy stakeholders and behaviors of agents in them in weakly structured discrete domains. A priori, the projection can be understood as a specialization mechanism (an instantiation in OOP framework), but one can not expect a so rich global structure for the fiber F or transitions G . However, the distinction between structure E , state (element of the base space B) and transition is useful for specifying functional aspects of ASE applied to war games [?] or for articulating (domain, user and task) ontologies in SOA for providing mobile services in urban environments. A computer implementation for the second one is being developed for dependent persons by means of an adaptation of principles of Linguistic Geometry (see [4] and references therein) for adaptive provision of services in domestic environments (AIVI Project), and semantically enriched urban environments under a specific development of modules in the CityGML framework (PATRAC Project).

To fix ideas from the mathematical viewpoint, optimization procedures involving monitoring agents are defined on the base space B of fiber bundle, whereas optimization procedures involving management agents are defined on the total space E for the superimposed structure. Compatibility between solutions of both optimization procedures is linked to natural properties for the structural projection $\pi : E \rightarrow B$, involving dynamical systems, goals and restrictions. Obviously, one can not expect a perfect adjustment (by projecting or lifting) between solutions of both optimization procedures defined on E and B . Instead, we are looking for a stability around optimal solutions given by convex regions (solutions to linear programming problems in the classical case). This simple remark justifies a posteriori and reinforces our choice as boolean predicates for validating constraints (capabilities and rules) in regard to objective functions defined on E and B ; however, the boolean constraint is not an essential restriction, and it could be replaced by a flexible graduation in more complex and smaller scale models.

Furthermore, it is clear that one can not expect a rational behavior from all agents in similar contexts,

but some stability around expected trajectories which can be expected; this simple remark suggests a modelling (from estimated data) based in topological stability around some kind of "typical behavior". Each typical behavior (path in E or in B given as an optimal solution of the dynamical system corresponding to an optimization procedure) would play the role of skeleton Sk for organizing local dynamics around a tubular neighborhood of Sk . A formal development of this idea requires identify the discrete version of differential equations which are fulfilled by rational expectations for stakeholders (aggregation of variable states) working in efficient energy for buildings, according to the constraints specified for E and B , respectively, and perform a retraction along maximal integral varieties of corresponding distributions.

A traditional approach for solving this problem is based in a differential extension of games theory; in an ideal very simple model with players having the same strategy we would have symmetric payoffs represented by the same matrix A for different stakeholders, and the rate of growth of individuals playing the i -th strategy would be proportional to the advantage of that strategy. Hence, we would have a propagation dynamics (extending usual solution of static Games Theory) given by $\frac{dx_i}{dt} = x_i[(Ax)_i - (x, Ax)]$ with easy formulations for equilibrium and stability. However, such symmetric behavior is not plausible for real markets, and it is necessary to perform more accurate studies having in account different matrices for describing interrelations and to identify a stable dynamics in presence of asymmetric payoffs. A more flexible and self-adjusting dynamical modeling is a challenge for the next future where we are working on.

Obviously, one can not expect a smooth behavior for different stakeholders. In continuous modeling, at most one could expect a PL-behavior. Hence, it is necessary to take in account PL-integral varieties, including integral curves with corners (R.Thom, 1969), and some topological tools (controlled submersion) for the control of solutions. From the topological viewpoint, Stratified Morse Theory (1988) provides a support for the management of integral varieties with singularities. However, there is still a lack of mathematical tools for control in presence of simple singularities or even discontinuities, such those one can be expected in aggregated supply/demand models for energy. Further developments connecting the differential topological approach with estimation and simulation of eventually discontinuous models are required.

5 Conclusions

In this work, an organization model has been proposed for integrating different aspects concerning to urban GIS, Sensors Networking and Management Tools for Software Oriented Architectures applied to Efficient Energy Buildings. The interplay between bottom-up and top-down approaches is performed at base and total spaces of a weak fiber bundle as general framework for integrating structural, state and transitions aspects concerning to the global model. This theoretical approach provides a support for integrating optimization procedures involving the physical space, tasks and users, according to the specification of constraints involving monitoring and management. The main theoretical restriction for guaranteeing the efficiency concerns to the compatibility between goals and constraints defined on the total space E with goals and constraints defined on the base space B of the fiber bundle ξ . This compatibility requires strong conditions about perfect markets, which are still far away of the current situation for most countries. We leave the specification of solutions for dynamics controlling non-perfect markets, and their applications for a second paper.

Acknowledgements This work is partially supported by the Proyecto Tractor "Ambientes Inteligentes para la Vida Independiente" (AIVI) TSI-020302-2008-89 of the Spanish Ministry of Industry MITYC and the "Proyecto Singular Estratégico PATRAC", PS-380000-2006-2 of the Spanish Ministry of Science and Innovation.

References:

- [1] S.A. DeLoach, E.Matson: "An Organizational Model for Designing Adaptive Multiagent Systems", *The AAAI-04 Workshop on Agent Organizations: Theory and Practice*, July 25-29, 2004, San Jose, California, 2004
- [2] D. Pesch: "Wireless Sensor Networks Connecting the Internet to the Physical World", *EuroVIEW 2008*, Würzburg, 22nd July 2008
- [3] B. Sorensen: "Non-linear modelling of integrated energy supply and demand systems", *International Journal of Global Energy Issues* 12, No.1/2/3/4/5/6 pp. 131-137, 1999.
- [4] B. Stillman: "Network languages for intelligent control", *Bull. Amer. Math. Society* 75, pp. 240-284, 1969.
- [5] M. Wooldridge and N.R.Jennings: "Intelligent agents: Theory and Practice", *The Knowledge Engineering Review* 10 (2), pp.115-152, 1995

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.2 ARTÍCULO “INFORMATION AND KNOWLEDGE SYSTEMS FOR INTEGRATED MODELS IN CULTURAL HERITAGE”

J.Finat, R.García, J.Martínez, J.D.Pérez-Moneo, J.I.SanJosé, J.J.Fernández-Martín: “Information and Knowledge Systems for Integrated Models in Cultural Heritage”, The Intl. Archives of the Photogrammetry , remote sensing and spatial information sciences, "International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage" Vol. XXXVIII, Part: 5/W1 34, ISSN 1682-1777, 2009.

The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS) es una ONG internacional cuyo objetivo es el desarrollo de una cooperación internacional para el avance del conocimiento, investigación, desarrollo y educación en fotogrametría, Transmisiones Sensoriales y Ciencias de la Información Espacial, su integración y aplicación para contribuir en el bienestar de la humanidad y la sostenibilidad del medioambiente.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

INFORMATION AND KNOWLEDGE SYSTEMS FOR INTEGRATED MODELS IN CULTURAL HERITAGE

J.I. San José Alonso^a, J. Finat^b, J.D. Pérez-Moneo^a, J.J. Fernández-Martín^a, J. Martínez-Rubio^a

^a Lab of Architectural Photogrammetry, High School of Architecture, Univ. of Valladolid, 47014 Valladolid, Spain-
(lfa, juandi, juanjo, jmrubio)@ega.uva.es

^b MoBiVA Group, Scientific Park, Campus M. Delibes, Univ. of Valladolid, 47014 Valladolid, Spain jfinat@agt.uva.es

Commission V, WG 2, 3,4

KEY WORDS: Photogrammetry, Cultural Heritage, Laser scanning, Visualization, Model, Registration, Integration, GIS

ABSTRACT:

The increasing availability of software tools for image- and range-based surveying and visualizing 3D objects has posed some issues relative to the need of integrating different contents (relative to data and metadata, structure and function) in a common Information System. In this work, we develop an integrated solution for a 3D GIS whose support is a global 3D model generated from the fusion of image and range information for interventions in Cultural Heritage buildings. The 3D GIS integrates different software tools for Information Processing, Management and Visualization, including a) the fusion of image and range information (UvaCad, e.g.), b) relational DB for data and metadata management, and c) navigation, inspection and reports generation from the information contained in different layers. The interoperability between software tools is a bottleneck for transferring and re-using digital information. Two key facts for solving interoperability issues are a) the development of a 3D vector support (extending the usual methodology of planar GIS) for referring information contained in different layers to a common framework; and b) the development of logical schemes for a hierarchised management of information following signification levels of increasing complexity involving geometric, structural and functional aspects issues appearing in semantic approaches. The geometry of objects provide a support for specifying logic schemata connecting the above levels. It allows a reuse of solutions, and makes easier the accessibility from the initial specification of contents (data and metadata) for on-line cooperative work and for remote assessment by experts, or for consultation by customers or simply citizens. The developed solution is being applied for conservation and restoration interventions in some monuments of the autonomous community of Castilla y Leon, Spain.

1. INTRODUCTION

Information Society Technologies (IST, in the successive) are contributing to improve functionalities and performance of traditional approaches to interventions (surveying, conservation and restoration) in Cultural Heritage (CH). The increasing availability of software tools for accurate modelling three-dimensional objects has dramatically improved the performance of Cultural Heritage surveying. Image-based approaches are based in a combination of Digital Photogrammetry and Computer Vision tools with the common denominator of bundle adjustment [Triggs1999] in the framework of advanced Projective Geometry; their combination has allowed a robust method for 3D Reconstruction from multiple views, with spectacular renderings resulting in continuous models [Remondino et al., 2006]. Range-based approaches are mainly based on laser devices following different physical principles (triangulation, phase shift, time of flight); they provide dense clouds of 3D points with additional radiometric information (gray-level intensity function, colour) giving discrete high accuracy models. Resampling of clouds of points to different resolution, allows to patch together the information arising from different image- and range-based devices.

The need of performing mixed approaches has been acknowledged from several years ago (see [El-Hakim et al., 2002], e.g.). Some important issues for mixed approaches to Cultural Heritage surveying concern to accuracy, robustness, information transfer between discrete and continuous

modelling, meaningfulness of details, etcetera. Geometric aspects concerning to multi-scale and semi-automatic recognition are explained in more detail in [Finat et al 2009a]. Several mixed approaches have been applied also to larger frameworks including archaeological sites [Fernandez-Martín 2005], [Godin et al., 2003], and urban environments [Finat et al 2006], [Fuentes et al., 06] with lower accuracy requirements. The software platform UvaCad (<http://uvacad.no-ip.org>) provides a support for the fusion of image- and range-based information arising from different non-calibrated views and any kind of scanners. It has been used for a large number of works involving Cultural Heritage, Civil Engineering and Construction activities (more details in <http://www3.uva.es/davap/>).

Advanced Visualization Frameworks (AVF) provide an interactive navigation, an on-line inspection and an extraction of (geo)metric information. The availability of an efficient AVF is relevant not only for architectural surveying of Cultural Heritage, but also for monitoring and updating intervention (conservation or restoration) policies. Thus, functionalities of AVF must be extended to interactive Cultural Heritage Information Systems (CHIS), allowing update different kinds of data and metadata. An important aspect of CHIS is the existence of thematic layers to different scales which are superimposed to geometric models for making easier the reference of any kind of information to vector data. Furthermore, text layers must allow reports generation from thematic layers, with on-line simultaneous access and modification by several users following specific protocols.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

The DAVAP research cluster of the University of Valladolid (Spain) has developed a software platform of Cultural Heritage Information Systems with several modules relative to Architecture (UvaCad), Urbanism (by referencing 2D to 3D information, cadastral applications), Disperse Cultural Heritage (province of Valladolid), and Industrial Heritage (provinces of Valladolid and Salamanca). The methodology for the design and implementation of CHIS is very similar to the well-known GIS technology (Geographic Information Systems), but with a special emphasis on 3D aspects, visualization and interactive input of information (text, hyper-links to multimedia support, and metadata) which can be re-used with different proposals involving to professionals, firms (including SME focused towards services or leisure activities), CH entities and citizens in general.

Obviously, it is not possible to give an overview of all these applications, and we shall illustrate the performed approach with CHIS relative to the building scale for restoration purposes. Some additional applications planning and virtual insertion of simple geometric primitives on 3D range-based models have been developed, also, but not still integrated in the corresponding UvaCad module. In this work we paid attention to the design and implementation of CHIS, currently in development, which is being applied for restoration tasks in some complex monuments of the region Castilla y Leon (Spain). The integration of these modules following a semantic approach (under CityGML framework) is being accomplished in another work [Finat et al., 2009a].

This paper is organized as follows: Section 2 is focused to explain some aspects of CHIS for Architecture, following an increasing complexity modelling. We have adapted the same methodology of small scale GIS to a very restricted 3D environment (small urban zones or isolated building, e.g.). Next section is focused towards some structural aspects of Knowledge Systems for Conservation Tasks; a Knowledge System extends the ordinary functionalities of Information System for Architecture (ISA) by providing a support for assessment, advanced visualization and services linked to architectural surveying; such functionalities are illustrated with some examples of our ISA called PINTA (Processing Information SysTem for Architecture), where some functionalities for collaborative and remote work are been developed. Some remarks about the achievements and the on-going work close this work.

2. INFORMATION SYSTEMS FOR ARCHITECTURE

2.1 GIS for architectural environments

A GIS can be seen as a system of hardware, software and procedures designed to support the capture, management, analysis, modelling and display of spatially-referenced data for solving complex planning and management problems [Goo89]. In particular, a GIS can be seen as 1) an automated application for generating maps or representations; 2) an inventory which allows a direct access to existing database with protocols for information processing and contents retrieval (fig2); 3) a support for spatial analysis and decision taking, which provides search and analysis tools to users from database; 4) a module for information processing and analysis, including the interactive generation of reports which can be adapted to the requirements of users; 5) a module for advanced visualization which allows to understand, analyse and explain the distribution

of objects in the environment with increasing functionalities. Bottom-up strategy is the most commonly used for extracting information and reprojecting on a cartographic, planimetric or volumetric information. Usually, a GIS puts the accent on the management of planar representation of spatial information, involving raster and vector data in a continuous space which is already filled, and whose components must be identified.

In this framework, VR methods have been used for generating and navigating ordinary virtual or augmented environments, in order to provide a visualization of urban transformations along last centuries. In the next example, one can see an examples concerning to the destruction of some parts of the Renaissance style of the historic centre of Valladolid (Spain) along the sixties of the 20th century.



Fig.1. A virtual recovery of disappeared historic centre in the city of Valladolid (Spain)

From historical cartography and digitised views it has been possible to recover and visualize urban zones of Valladolid before their remodelling along the sixties of the 20th century. The above Fig.1 illustrates the visualization of an urban zone of Valladolid; it is only navigable by means of an exploration of a simplified model with reprojected textures. It gives an ideal representation extracted from drawings and non-calibrated views, because it is focused only to illustrate and not for surveying purposes. The main tool for design is a CAD system; these are applications for creating or synthesizing a drawings, analyzing it for design correctness, managing the storage and organization of the design data, and managing the process of design flow [Nakamura et al., 2003].

Nevertheless its interest for the recovery of the urban tissue memory and the understanding of functionalities almost lost, the above example has strong limitations, due to a limited graphical character. It is necessary to incorporate information systems to the graphical representation, and perform a multiscale approach which can be useful for different kinds of agents (citizens, administration, business, professionals) and different purposes (touristic, urban planning, commercial applications, services, respectively).

2.2 A traditional top-down approach

Due to the high complexity of urban tissue, first approaches for incorporating urban information are restricted to extremely simple geometric support, and follow a top-down approach. In other words, only a very restricted class of geometric primitives

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

are allowed for supporting the information, and models are initially extracted from planar urban cartography. Traditional approach to Cadastral Applications is based on software GIS tools, where some additional information relative to particular interventions in buildings. Next, we display an example corresponding to the restoration and conservation interventions of the ARI (Area of Integral Rehabilitation) "Villas del Renacimiento" of four small villages of Palencia (Spain), which has been developed under ArcGIS due to a constraint arising from the local administration [Fuentes et al 2006]

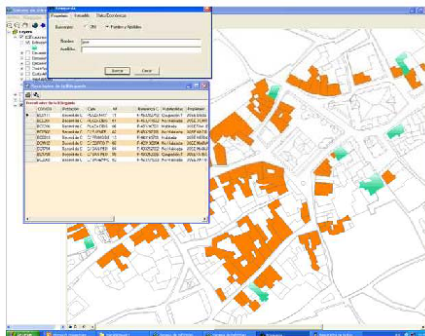


Fig.2. Cadastral Applications for urban GIS for the Area of Integral Rehabilitation in a small village of Palencia (Spain) with some buildings in Renaissance style

Each object has several links to images, local cartography, a relational database for observed incidence, a specific budget for recommended interventions, and a schedule for surveying and tracking maintenance operations. Nevertheless, the interest of the above example for local administration and involved neighbors, the most important limitations concern to the lack of simulation tools, interoperability, automatic updating information, traceability and some troubles for navigating in an effective way the planned and performed interventions. It is necessary to improve some of them. From commercial or business viewpoint, the most important concern to design, planning and tracking intervention, and these activities concerns mainly to an extension of traditional design tools.

Next step for developing Information Systems for Architecture (ISA) is try of combining CAD and GIS methodologies. Along the late nineties and the first years of the 21st century a first synthesis of CAD and GIS methodologies has been developed in the framework of Building Information Modelling (BIM). The BIM is a set of information generated and maintained throughout the life cycle of a building (including design, planning, construction and maintenance). Currently, there are different modules for BIM which cover design, geometry, spatial relationships, geographic information, quantities and properties of building components (including manufacturer's details). A computer implementation of BIM in the OOP (Object-Oriented Programming) framework is developed by IFC (Industry Foundation Classes) and it has been applied to very large AEC (Architecture, Engineering, Construction) environments with meaningful performance in commercial applications.

BIM was introduced for demonstrating the entire building life cycle including the processes of construction and facility operation [BIM2008]. Thus, a BIM puts the accent on 3D design and graphical aspects involving the whole life cycle of building in an empty space which is "filled" by the (re)construction of building. Hence, top-down strategy is the most commonly used for the management of primitives.

However, usual BIM are focused towards building scale interventions (it ignores small urban environments) and it requires a high degree of expertise from the user with a high degree of human interaction. It is necessary to develop a strategy which can applied to (at least small) urban environments, requiring less expertise from users (for cadastral or commercial applications, e.g.) and able of maintaining the accuracy requirements for professional applications (including surveying, planning, and controlling interventions). These constraints imply to solve non-trivial problems involving to multiscaleability, the design and implementation of interfaces for interoperability between tools and remote repositories, the insertion of metric information involving urban objects (arising from image and range-based information), and the corresponding Advanced Visualization modules for navigating, exploring, superimposing and extracting information. We have developed software modules for all these topics by subordinating every information to geometric data provided by range-based devices

2.3 Some interoperability issues

An important difference involves to the database design, also. CAD systems follow a conceptual or top-down description (basic primitives, transformations, operations) with objects which are parametrically defined and with exact results relative to defined operations, and usually they do not manage alphanumeric data or non-spatial data. GIS systems follow a bottom-up strategy (image processing, automatic or interactive information extraction) with raster or vector data, which are usually defined as classes and with floating arithmetic, but they manage text and non-spatial data in a very efficient way. The methodology for contents (different kind of descriptors for data), manipulation (operations and transformations) and management are quite different. Hence, the data exchange between conventional CAD and GIS is a some difficult task. Nevertheless, both of them are managed to an upper level by means of trees with different kinds of hierarchies, obviously. Thus, it would suffice to specify the semantic of each one for exchanging data and functionalities. Again, we find a difficult problem because the semantics is never specified in generic CAD systems. Formal semantics of geometric operations are expected from academic research [Rap03], but nevertheless the design of some tools for Geometric Linguistic, it is not still available.

3. OPERATIONS INVOLVING SIMPLE SHAPES

The management of database in CAD systems is very complex; it concerns mainly to lists of 3D geometric objects which can be manipulated following similarity transformations and some arithmetical operations for assembling; unfortunately, they are not described as "classes" in an OOP (Object Oriented Programming) framework. On the other hand, raster and vector information can be described as classes, but separability between components or elementary transformations (assembling tasks, e.g.) are forbidden. Furthermore, the information contained in views is introduced by hand in CAD and GIS,

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

usually. Thus, there is even a lack of interoperability not only for BIM and GIS, but also with Computer Vision techniques regarding both of them. However, situation is not as bad as one could think. Several key points for connecting top-down CAD and bottom-up GIS methodologies have been developed in Computer Vision framework and they can be extended to 3D environment. Two important issues for this extension are described in the following subsections

3.1 Volumetric segmentation

Objects living in 3D representations can be separated into parts by identifying geometric elements bounding them (dominant planes or quadrics, cells, e.g. more details in Finat et al, 2009a) or by grouping them by minimal volumetric elements (there are several available strategies based in elementary geometric properties, local curvatures or spherical harmonics, e.g.). The main problem for the first approach is the design and implementation of algorithms for decomposing and managing large amount of related information. The main problem for the second approach is to find efficient criteria for split-and-merge procedures, having in account a very irregular distribution of information (conditioned sampling, mathematical modelling of discrete information to be processed, 3D filtering, restoration, etc).

It is not possible to give here an overview of all of them, and we restrict ourselves to some comments about some contributions concerning to underline some results which have been obtained by analogy with similar techniques appearing in Computer Vision. Indeed, in a similar way to image processing and analysis, the search, identification and extraction can be performed by superimposing templates (top-down approaches) or by implementing segmentation procedures from grouping of mini-elements (bottom-up approach).

First tasks concern to 3D segmentation, grouping and separability of primitives. Following the classical dichotomy in terms of top-down and bottom-up methodologies, we have implemented two approaches which are based on: 1) Cellular decomposition: It arises from the superposition of a regular volumetric template (arising from an octree) which is superimposed to the building or the urban scene. The octree is recursively subdivided in smaller regular cells depending on finding some cells with the specified attributes or not. 2) Adaptive decomposition by means of the detection of meaningful geometric primitives (dominant or quadric planes, e.g.), and their grouping in larger entities corresponding to a block or a street, e.g.. More details of the semantic extension for the second approach under the CityGML framework is developed in [Finat et al, 2009b].

3.2 Symbolic representations

Any planar or volumetric representation of an object can be represented and managed as a tree, whose nodes represent planar regions or 3D components, and whose edges represent adjacency restrictions which can be automatically fulfilled. Seemingly, for the management of complex information to the lowest level it would suffice to specify the hierarchies between geometric primitives (as simplest objects), and design and implement software tools for interpreting such objects as an XML document.

Unfortunately, things are not so easy due to the limitations of semantic approaches for XML documents and relational

databases for managing semantic information and interoperate in a remote way. It is necessary to have the possibility of extracting information about components in a remote way. Hence, more advanced developments require the development of semi-automatic recognition tools in view- and range-based models.

A general roadmap for design and implementation of software tools for 3D Recognition involving the first block has been developed in the framework of the AIM&SHA PE NoE of the Sixth FP of EU (<http://shapes.aim-at-shape.net/index.php>). Some Labs participating in this NoE have obtained very good results in the development of recognition of components for efficient volumetric segmentation, development of open source software tools for estimating geometric properties or applications in VR domains for entertainment or biomedical approaches. However, it is restricted to small size objects and it requires more advanced developments for recognition of complex sculptures such those appearing in Cultural Heritage. It is necessary to develop an extension or to adapt their methodology to CH objects. From our side and by using the same semantical hierarchy (geometry, structure, function), we have designed methods and implemented algorithms for estimating simple (convexity vs concavity, e.g.) or more advanced (local estimation of curvatures along slabs, e.g.) geometric properties of complex objects.

3.3 PINTA

The software platform PINTA (Processing INformation SysTem for Architecture) is an ISA which combines functionalities of CAD and GIS systems. As an evolving system, an ISA is a combination of a BIM and a GIS which is always referenced to the range-based 3D model. In our case, PINTA intends to provide an integrated solution for conservation and restoration interventions in Cultural Heritage buildings, but it can be extended to simpler environments such those appearing in conventional AEC. The reference model is a discrete 3D cloud of points, on which we superimpose different kind of information following the usual hierarchy (geometry, structural, semantic) according to the AIM&SHA PE methodology.

Relative to extended CAD functionalities, PINTA is based on range-image models to which regular images (digital photographs) are referred. It allows the creation of thematic layers superimposed to the images, and relative to different sampling procedures for different resolutions, superposition of different kinds of PL- or PS-structures, basic projective operations (sections and projections) for boundaries extraction and export to different graphic formats, usual transformations, superposition of 2D or 3D regular templates, interactive extraction of meaningful elements contained in views and rejections on 3D representations, between others.

Relative to GIS systems, and following the same basic distinction between raster and vector information, PINTA disposes several modules involving the treatment of properties and risk factors involving materials properties including degradation estimation due to natural (moisture, salt, e.g.), artificial (pollutants, graffiti, e.g.) or accidental (fire, earthquake, e.g.) risk factors.

Further aspects concerning to damages evaluation in structure (misalignment, lack of planarity or meaningful differences with respect to elementary quadrics) are being currently integrated as a module in UvaCad. Some aspects relative to

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

recognition of simple curved elements are explained in [Finat et al 2009b].

4. A SEMANTIC FRAMEWORK FOR KNOWLEDGE SYSTEMS FOR CONSERVATION TASKS

A knowledge system for Conservation Tasks must facilitate the assessment, advanced visualization and provision of services linked to an Information System for Architecture. Main problems to be solved for assessing conservation and restoration tasks of Cultural Heritage concern the evaluation and modelling of critical factors influencing structural or material deterioration. A semi-automated solution requires the indexing, retrieving and visualising interventions to be performed on 3D digital models for facilitate operations. Different aggregation levels for elements contained in basic units (façades, buildings, urban environments) and infrastructures suggest a multilevel approach with different levels of detail which are organised in a hierarchical way. The support for knowledge system must be a knowledge space including annotated multimedia resources in formats which can be read by different applications. There is no hope for achieving a common standard; thus, the main issue concerns to the interoperability (including data exchange) in different repositories organized according to common criteria in the Semantic Web. Common criteria involve to the specification of lexicon, thesauri and taxonomies (following increasingly complex approaches), in order to an efficient management of domain, users and tasks ontologies. This is a long-term goal, and we expose here some general aspects relative to the components which are being developed by us in the framework of the PATRAC project.

Advanced visualization concerns to the design and implementation of software tools for simulating effects along the future or possible interventions. Thus, advanced visualization is typically linked to a Building Information System. A BIM covers design, geometry, spatial relationships, geographic information, quantities and properties of building components (including manufacturer's details). All of them are very useful for structural aspects involving the construction or maintenance interventions.

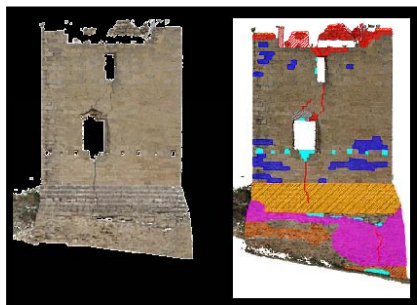


Fig.3: Vector thematic features layered over range data

The software platform UvaCad provides tools for architectural surveying, structural analysis, identification of pathologies, and simulation of effects corresponding to interventions, with the incorporation of different layers for illustrating all of them. All layers are managed following a geometrical hierarchy for preserving the local consistency of layers and the global coherence of the whole object. This methodology has been also

applied for surveying and ideal reconstruction of archaeological sites [Fernandez-Martin et al, 2005]

However, conservation and restoration tasks require identify, annotate and track along several years some aspects concerning different manifestations involving properties of materials which can provide a measure (porosity, permeability, biological attacks, mineralogical changes, etc) of risk factors. Furthermore, often it is necessary to apply non-destructive techniques (radar, ultrasonic) or partially destructive techniques (including archaeological trials, e.g.) for evaluating critical zones or samples which are irregularly distributed.

All of them suggest their incorporation on the Information System as attributes supported by 3D mini-regions which must be geometrically referred. Intuitively, 3D mini-regions they play a role similar to raster data in 2D GIS with attributes supported on (families of neighbour) pixels and they are referenced to the vector information of range-based model. This goal has been achieved by developing a Software Oriented Architecture (SOA) for PINTA as a framework with three modules corresponding to internal manager, applications server and communications. The implemented software architecture allows the services provision to entities (public or private) or citizens in general which can be interested in the development of services or simple information about the cultural goods. The development of services is a key issue for sustainability of activities linked to Cultural Heritage. The development of a SOA for Cultural Heritage applications is an on-going research which is being developed with applications to different kinds of users or entities.

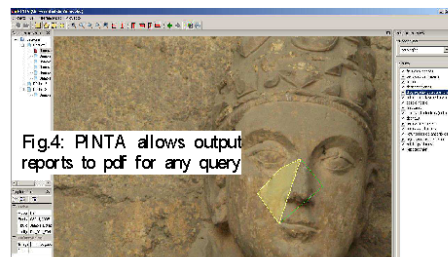


Fig.4: PINTA allows output reports to pdf for any query

Fig.4: Vector thematic features layered over images

Some technical aspects that have been enabled to the early versions of PINTA are the selection of regions for adding vector marks or inserting annotations, interactive semi-automatic segmentation of images and their re-projection onto the 3D model as thematic layers (fig4) with the corresponding access protocols, interoperability between 2D and 3D information supported on the range-based model. All of them under specific access protocols fixed by the system's administrator according to the customer (usually, an official entity). From the viewpoint of communications, it is allowed a simultaneous access from different users, information updating in a local (intranet) and remote way (internet), and automated generation of reports involving thematic layers or key words used in annotations.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this work we explain a hierarchy of software architectures arising as a natural extension of hybrid methodologies for architectural surveying. A general goal is to provide a multi-purpose support to experts, (public or private) entities and citizens interested in Cultural Heritage which can improve the sustainability of Cultural Heritage resources. To achieve it, it is necessary to integrate different viewpoints arising from professional design, information systems and advanced visualization software tools. Thus, we are developing a Knowledge System able of integrating some functionalities of CAD, GIS and hybrid surveying methodologies (Integrating Computer Vision, Photogrammetry and Computer Graphics), which is being developed within the software platform UvaCad.

Knowledge systems emerge as the next step to be done. However, to achieve the ambitious scheduled program and to satisfy requirements of distinct agents, it is necessary to solve some problems concerning to aspects such as the transformation to a common data model of heterogeneous multimedia database, matching of semantically related objects which sometimes are not well specified (CAD), schema integration with their corresponding query, retrieval and labelling procedures, transformation of data and metadata in commonly accepted frameworks (requiring an additional effort in standardization) and matching of semantically equivalent data. These tasks must be performed in a collaborative way in the Semantic Web and require a collective effort which must be coordinated by ad-hoc committees of international societies

References

BIM 2008 Building Information modelling
http://en.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling

Fernández-Martin, J.J., San José, J.I., Gonzalo, M., Martínez, J., Finat, J.: "Multi-scale 3D surveying for conservation tasks: A pilot case for the fusion of range-scanning in Archaeological Sites", The I SPRS Archives, "International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage " Vol. XXXVI, Part: 5/C 34, Sergio Dequai (ed), ISSN 1682-1750, 808-812, 2005.

Finat, J., J.J. Fernández-Martin, J.I. San José, J. Martínez and D. Pérez-Moneo, 2006: "Laser-based three-dimensional GIS form small historical urban zones. Challenges and results", Heritage Protection. Construction Aspects, ISBN 963-954218-1-2, J. Radic, V. Rajcic and R. Zarnic, eds, Secun HDGK, Dubrovnik, Croacia, 553-560, 2006.

Finat, J., J.D. Pérez-Moneo, A. Hurtado, J.J. Fernández-Martin, J.I. San José, J. Martínez-Rubio, L. Fuentes, 2009a: "A systemic approach for 3D Recognition of simple primitives in discrete models" (these proceedings).

Finat, J., Martínez R., Delgado, F.J., Fernández, J.J., San José, J.I., and Martínez, J., 2009b: "Constructors of Geometric Primitives in Domain Ontologies for Urban Environments", Ontologies for urban development, Future development of urban ontologies (Liège, Belgium, March 2009), to be published in LNCS, Springer-Verlag, 2009.

Fuentes, L.M., Finat, J., Fernández, J.J., 2006: Using laser scanning for 3D urban modelling, UDMS 2006, 25th Urban Data Management Symposium, Aalborg (Denmark), April 2006.

Godin, G., Blais, F.F., Cournoyer, L., Beraldin, J.A., Domey, J., Taylor, J., Rioux, M., and El-Hakim, S. 2003: "Laser Range Imaging in Archaeology: Issue and Results", IEEE/CVPR Workshop on Applic of Computer Vision to Archaeology (ACVA'03) Madison, Wisconsin, USA. July 17, 2003.

Goodchild, M.F., Kemp, K.K., and Oiker, T.K., 1989: "NCGIA Core Curriculum", available at <http://www.env.gov.bc.ca/tlover/giscourse/ToC.html>.

El-Hakim, S. and Beraldin, J.A., 2002: "Detailed 3D Reconstruction of Monuments using Multiple Techniques". Proc Intl Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording - Complementing or Replacing Photogrammetry, Corfu, Greece. September 1-2, 2002. pp. 13-18.

Nakamura, Y. and Dekihara, H., 2003: "Spatial Data Structures for Version Management of Engineering drawings in CAD Database", ICIAP'03, IEEE, 2003.

A. Rappoport, A., 2003: "An architecture for Universal CAD Data Exchange", SM'03, 2003.

Remondino, F. and S.F. El-Hakim, 2006: "Image-Based 3D Modelling: A Review", The Photogrammetric Record Journal. Volume 21, Number 115. September 2006. pp. 269-291.

Triggs, B., P.F. McLauchlan, R.I. Hartley, and A.W. Fitzgibbon, 1999: "Bundle Adjustment - A modern Synthesis", in "Vision Algorithms - Theory and Practice", in B. Triggs, A. Zisserman and R. Szeliski (eds): Intl Workshop on Vision Algorithms, LNCS 1883, Springer-Verlag, 298-372.

Valzano, V., A. Bandiera, J.A. Beraldin, M. Picard, S. El-Hakim, G. Godin, E. Paquet, M. Rioux, 2005: "Fusion of 3D Information for Efficient Modelling of Cultural Heritage with Objects", CIPA 2005 XXth Intl Symp: Cooperation to Save the World's Cultural Heritage. Torino, 2005.

Acknowledgements

The authors acknowledge to the MAPA (BIA 2004-08392-C02-01) Project for their partial financial support for the development of UvaCad software platform. The present work is partially supported by the "Proyecto Singular Estratégico PATRAC (Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras)", PS380000-2006-2 of the Spanish Ministry of Science and Innovation.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.3 ARTÍCULO “A SYSTEMIC APPROACH FOR 3D RECOGNITION OF SIMPLE PRIMITIVES IN DISCRETE MODELS”

J.Finat, A.Hurtado, J.D.Pérez-Moneo, J.J.Fernández-Martín, J.I.SanJosé-Alonso, J.Martínez-Rubio. L.Fuentes: “A systemic approach for 3D Recognition of simple primitives in discrete models”, The Intl. Archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, "International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage " Vol. XXXVIII, Part: 5/W1 34, ISSN 1682-1777, 2009.

The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS) es una ONG internacional cuyo objetivo es el desarrollo de una cooperación internacional para el avance del conocimiento, investigación, desarrollo y educación en fotogrametría, Transmisiones Sensoriales y Ciencias de la Información Espacial, su integración y aplicación para contribuir en el bienestar de la humanidad y la sostenibilidad del medioambiente.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

A SYSTEMIC APPROACH FOR 3D RECOGNITION OF SIMPLE PRIMITIVES IN DISCRETE MODELS

J.Finat^a, A.Hurtado^a, J.J.Fernández-Martín^b, J.I.SanJosé-Alonso^b, J.Martínez-Rubio^b

^aMoBiVA Group, Scientific Park, Campus M.Delibes, Univ. of Valladolid, 47014 Valladolid, Spain, jfinat@agt.uva.es

^bLab of Architectural Photogrammetry, High School of Architecture, Univ. of Valladolid, 47014 Valladolid, Spain- ([@ega.uva.es">juanjo_lfa_jmrubio](mailto:juanjo_lfa_jmrubio))@ega.uva.es

KEY WORDS: Photogrammetry, Recognition, Modelling, Laser scanning, Point Cloud, Surface

ABSTRACT:

Recognition of primitives from digital contents is an outstanding problem in volumetric modelling. In this work a bottom-up systems methodology is developed. Systems methodology involves not only to components but the role performed by them. Their role is specified following a hierarchical approach going from low- to high-level recognition which allows identify geometric, structural and semantic aspects involving simple geometric components playing a structural role in Architecture. In the discrete static domain, geometric aspects concern to spatial components emerging from clusters of points with similar spatial distribution. Structural aspects concern to 3D features and the relations between different components. Semantic aspects concern to the purpose or role identification of components inside a 3D object or scene as a whole. In this work, a methodology is developed for retrieval of some simple architectural elements from clouds of points. Architectural elements follow an increasing order of difficulty by starting with elementary geometric primitives (planar, spherical or cylindrical primitives), next by estimating elementary geometric properties (concavity or convexity), and finally by proposing a method for a coarse estimation of curvature from discrete data. Our strategy combines smart sampling techniques with propagation algorithms for identifying simple elements. This strategy is applied for semi-automatic identification of dominant planes and some typical quadrics which can be found in architectural surveying. The evaluation of differences between ideal geometric models and real range-based solids allows identify structural defects and provide an assistance to intervention policies, which has been applied in several Restoration interventions in Castillay Leon (Spain).

1. INTRODUCTION

1.1 General remarks about 3D Recognition

The increasing availability of 3D repositories and their applications to different purposes (surveying, entertainment, learning) gives a motivation for developing a structural approach for the knowledge management for 3D objects. The general framework is provided by multimedia retrieval, and Shape Recognition is one of the most difficult problems in 3D objects retrieval. Following a top-down semantic approach (typical of digital libraries), it is necessary to specify the appropriate lexicon, thesaurus and taxonomies for Cultural Heritage objects. However, even for a fixed style, the large morphological diversity, the generalized lack of automated annotation, shapes irregularities regarding patterns and troubles for implementing software tools linked to the identification of structural relations provide some bottlenecks for developing a semi-automated approach. Nevertheless the progress performed along last years [Attene et al, 2007], the identification of general 3D patterns only from discrete information is far from reaching meaningful results, nowadays. It is necessary to restrict morphological aspects to avoid an excessive casuistic and to allow the design and implementation of software tools.

Objects recognition is driven by information processing and modelling. Both of them are relative to image- and range-based information. Two important steps of information processing are segmentation and grouping; both of them follow a bottom-up approach, i.e., from pixels towards basic primitives. Their output must be compared with previous models or learned along some learning process. Modelling can be understood as the generation of a simplified representation of objects and hence it follows a top-down approach, typically; there is no a standard

methodology for modelling, because it depends on purposes and objects. The simplified representation of objects can be material or mental and it is linked to replication or simulation, e.g.; in digital world, models are a mixture of both representations: the object can not be manipulated by hand (only virtually by means transformations on the screen), but pixels are material entities. CAD software provides a general framework for 3D modelling; related aspects of Recognition with CAD methods can be found in [Kimura2001]. Some interplay between information processing and modelling is developed in the section 2.

The interaction between Information Processing and Objects Modelling holds in Visualization and Learning domains, but it requires to identify basic geometric components (lexicon), their articulation in 3D models (specification of structural relations in appropriate thesauri) and their functionality (attributes, roles and capabilities involving descriptors). Furthermore usual navigation and exploration (as usual in most GUI), advanced visualization allows operations as the following ones: a) selection of thresholds and meaningful parameters (for image processing and filtering); b) manipulation of images or models (by applying algebraic or analytic transformations); c) registration (models alignment); d) extraction of information (corresponding to isosurfaces, e.g.); e) management of invariant information (expressed in terms of vector and tensor fields) in an interactive way. However, Scientific or Advanced Visualization requires a high degree of expertise and interaction with objects through operators (acting on the digital support of models) and transformations (acting on display of models for different viewers). As a path for knowledge, Advanced Visualization is a kind of friendly and interactive learning, but it requires training and sometimes high expertise by user.

So after merging scans and aligning sections of the global model or, alternately, by a direct inspection of the projection of

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

slices, it is possible to detect structural problems and measure them directly on the cloud. The next figure illustrates some structural problems involving the roof of the church of Villamorón (Burgos, Spain)

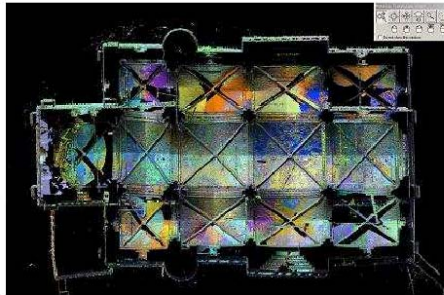


Fig. 1: Global registration for detecting structural defects in the church of Villamorón (Burgos, Spain)

After merging data, diagnostics is almost obvious for an expert, but this knowledge must be translated to machine learning for estimating quantitative information and assessing possible interventions. Most approaches developed for Recognition of 2D objects based in image information are waiting for a similar development in 3D objects based in range information. Furthermore, in some cases the answer is not so obvious and requires an interactive exploration of the volumetric model with assistance for local detection of geometric primitives and expected relations between them. A semantic approach provides the right framework for this problem.

1.2 Elements for a Semantic approach

Semantic approaches to the Recognition problem for a specific domain includes an articulation between lexicon (typical terms), a thesaurus (terminology universally acknowledged by experts) and a taxonomy (system of rules). The most difficult part concerns to the specification of a system of rules, i.e. a specific taxonomy, for each domain of knowledge. Up to very formal languages (mathematical or physical domains, e.g.), there is no agreement for any of the three above fields (lexicon, thesaurus, taxonomy). Thus, standardization and consequently interoperability are difficult tasks; for Cultural Heritage standardization, some advances for interventions are being developed in the framework of CEN346. Nowadays, most approaches to learning follow a supervised strategy with deductive methods from accepted rules with a large consensus by experts. The lowest level corresponds to the identification of basic components or primitives and their assembly in models with increasing complexity. This rules-based approach is enough for geometric and structural aspects of 3D Recognition problems (based in Propositional Logic), but not enough for functionalities whose taxonomies (controlled by some kind of Descriptive Logics) is far more difficult of representing and implementing. The extraction and assembly of basic primitives can be understood as some kind of taxonomy in Image Processing (bottom-up) or CAD (top-down) methodologies. However, there is no a unique taxonomy not even for image processing operations or geometric transformations, still. Furthermore, the stylistic diversity (even in the same architectural tradition) is a proof of troubles for defining a general and efficient taxonomy. Thus, even under the risk of developing a too casuistic approach, it is necessary to restrict

the knowledge domain and develop ad hoc approaches. The case-based analysis has been well understood in Computer Vision, where it is necessary to restrict the style for recognition of architectural primitives appearing in images. To begin with, we have restricted ourselves to geometric and structural aspects.

Semantic aspects based in components analysis can be included in Systemic approaches. Systems methodology involves not only to components description (in geometric or architectural terms, e.g.) but the role performed by them, also. Their role is specified following a hierarchical approach going from low-level to high-level recognition which allows identify geometric, structural and semantic aspects of components, models and functionalities. In the discrete static domain, geometric aspects concern to spatial components which can be described following a top-down approach (ideal surfaces or volumes) or bottom-up approach (emerging from clusters of pixels with similar spatial distribution to ideal objects, e.g.). Structural aspects concern to 3D features and the relations between basic components, allowing their identification as a whole. Semantic aspects concern to the purpose or role identification of components inside a 3D object or scene as a whole. In this work, a methodology is developed for shape retrieval of some simple architectural elements from clouds of points. It is not possible to give a general overview of all these aspects due to space limitations.

1.3 Plan and scope of paper

This work is organized as follows: after this introduction, we give a description of some aspects relative to processing and modelling for Shape Recognition in Architecture in section 2, with some illustrations relative to the detection and recognition of dominant planes. Section 3 is focused towards the methodology proposed for the automatic recognition of spheres and cylinders in architectural elements from clipped clouds of points. Next, some architectural examples are displayed to illustrate theoretical principles developed in the precedent section. We conclude with some on-going work and several conclusions relative to the results presented at this work.

2. PROCESSING AND HYBRID MODELLING IN SHAPE RECOGNITION

2.1 Hybrid Modelling

Hybrid modelling proposes a feedback between top-down and bottom-up approaches for Object Recognition. In this section, we sketch some aspects concerning to the hybrid modelling arising from processing focused towards Recognition.

Similarly to the image-based case, strategies for range-based processing are designed and implemented following global and local methods. Global methods involve all elements appearing in inputs and they are focused towards quantitative aspects involving the input as a whole; some related procedures are quantization, random sampling (successive decimations, e.g.), histogram techniques involving radiometric properties (including basic statistics and adaptive thresholding, e.g.), morphological operators (a combination of thinning or filling strategies for separating or filling regions, e.g.). The design and implementation of filters based in global methods is useful to improve (low-level restoration) the original files, giving smoother models than original ones. However, some very meaningful aspects are neglected or even deleted in global analysis, in particular those involving to edges or faces which are not present in clouds of points. The reason is simple: beyond

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

a “transparent” cloud, there is no a support for shape; it is necessary to superimpose an additional structure. Even from the first processing level, most of global methods filter high frequencies which are supported by edges, and edges are crucial components for objects recognition in image-based approaches. Hence, it is necessary to superimpose structures, reinforce discontinuities of continuous surface (for detecting true or false 3D edges) and analyse their local behaviour in regard to the available information supported by discrete clouds of points. In some sense, local methods are more meaningful for shape recognition, but up to the superposition of a continuous surface linked to the cloud, it is not possible to obtain any kind of information about shape characteristic.

2.2 Segmentation for Shape Recognition

Objects Recognition involves to shape identification (components and structure), and their role in a context or scene. There is no universally accepted definition of shape. Following Kendall (1999) a shape is all the geometrical information that remains when location, scale and rotational effects are filtered out from the object. Thus, a shape is an equivalence class by the similarity relation involving the object geometry. Nevertheless the importance of radiometric properties (grey-level, colour, textures, material's reflectivity) for objects recognition in human perception, they are not considered in usual approaches to 3D shape identification. From a formal viewpoint, similarities are given by algebraic transformations generated by translations, rotations and homotheties in a cartesian space. Formal description of similarity transformations is very simple. However, their estimation is a much more difficult problem, and a large number of similarity measures have been proposed in the literature to achieve it.

Segmentation is a decomposition of the ambient space in a disjoint union of regions with similar properties up to a threshold which must be specified. In regard to image-based approach, the ambient space for range-based approach is a priori empty, but it is populated by clouds of points corresponding to the surface of scanned objects; hence most of 3D space remains empty, even after generating surfaces linked to the cloud of points. Therefore, volumetric segmentation is restricted to non-empty cells of a superimposed cell structure (arising from an octree, e.g.). Basic primitives are obtained by grouping pixels with similar geometric or radiometric properties, and the output gives mini-regions (threshold for grey level or colour intensity) for range-based information.

2.3 Merging strategies

Grouping involves to the design and implementation of clustering strategies of basic cells and similarity measures (up to a threshold) for parameters of basic elements; so, similarity between geometric parameters of near mini-segments provides candidates for segments, and similarity between radiometric parameters provides mini-regions in image processing. Due to the discontinuous character of range-based information there is no hope of obtaining mini-segments from range-based information. If density of points is enough high in clouds, collections of linked mini-segments in image processing can be replaced by strips of adjacent small triangles in range processing with similar properties.

Grouping of small triangles will give regions near to the true (sur)faces with quasi-homogenous radiometric properties (up to a threshold). Hence the same grouping principle based in radiometric properties works for image- and range-based

information. However this approach depends strongly on a high density of points which, in practice, can be very difficult of obtaining, due to reaching (density is inversely proportional to the distance, e.g.) or relative orientation of source (oblique façades, e.g.). Furthermore, maximal density can not be the best solution to the problem because plane façades contain very redundant information which is irrelevant for recognition problems, and saturate the storing capability. Obviously, one can not manage all the information contained in high resolution views or very dense models; after registration, a high resolution model can contain several hundreds of millions of coloured pixels. Thus, it is necessary to design and implement some smart selection procedures for clouds of points allowing to work to different scales. Multiscales methods are well known in image processing, including the statistical (different kinds of sampling) and differential approaches (gaussian or laplacian pyramids) and their integration by means of wavelets. The key point is the evaluation of lost and preserved information along different stages.

2.4 Requirements and constraints

The model accuracy depends on hardware and ambient conditions along the capture, the registration process (different strategies for alignment of views or scans), and post-processing (noise elimination, information re-projection arising from several sources, identification of structural restrictions, etc). Robustness involves to the model stability under transformations; hence it is linked to geometric transformation; discrete dense models arising from bundle adjustment and laser devices provide a robust support for the fusion of image- and range-based modelling [Val05]. Information transfer between discrete and continuous modelling requires the superposition of additional PL- or PS-structures given by meshes or smooth surfaces. Some important aspects involve to the meaningfulness of details which can require multi-scale approaches, following an adaptive pyramidal approach involving the resolution. Wavelets provide a framework for smart adaptive behaviour, able of preserving meaningful details for different resolutions, even. However, there is no still a similar approach for the 3D case. In the meantime, some methods based in adaptive sampling provide meaningful information for clouds of points.

2.5 Sampling

Selection procedures must be adapted to different radiometric or geometric properties relative to the capture process and the geometrical variations of meaningful architectural primitives. Following a hybrid approach, smart sampling procedures modify the density according to a combination of radiometric and geometric criteria.

The density of points clouds arising from laser depends on the distance, the relative orientation and the reflectance of the scanned object. Hence, there are several types of smart sampling procedures which are linked to radiometric or geometric properties. The influence of radiometric properties in capture of range information depends on the object reflectance: the density of cloud is directly proportional to the reflectance. On the other hand, two meaningful criteria for geometric constraints involve to a) the relative localization, i.e. distance and orientation, which can be expressed in terms of cylindrical coordinates: the density of clouds is inversely proportional to the distance and to the difference between the scanline and the normal vector to the surface at each point; b) the nature of surfaces which can be adapted to the object. The sampling procedures which assigns different weights according to

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

radiometric and geometric properties, is not included by space reasons, and we shall restrict ourselves to illustrate them with two meaningful cases. The simplest case for the former case corresponds to the adjustment by "dominant" planes (see below). A more complicated case corresponds to simple quadrics and it is developed in the next section.

2.6 Superposing additional structures

For each discrete cloud of points, it is possible to superimpose a triangulation in different ways. Delaunay triangulations provide an optimal solution for plane collections of points, i.e., a triangulation which maximizes the minimum angle. Similarly, given a 3D cloud of points, one can construct a Delaunay decomposition in tetrahedra which is also optimal with respect to the same condition. However, there is no similar result for triangulations superimposed to surfaces. There are different candidates and cost functions, giving suboptimal conditions but not an absolute minimum with respect to a global energy functional. In the UvaCad software platform, several approaches to the generation of adaptive triangulations have been developed. One of them is linked to the ICP (Iterative Closest Point) Algorithm which allows identify local characteristics of shape simultaneously to propagation procedures following adjacency criteria. The cloud arising from one scan is ordered, but the cloud arising from aligning several scans (registration) is not ordered and its ordering has a high cost (quadratic in the number of points). A simple strategy to avoid the cost linked to ordering and to obtain meaningful results in short time, consists of selecting a low number of points (obtained by successive decimation), generating simple regions and try of patching them by simultaneous propagation from such basic cells. To end this section we shall illustrate this method for detecting planar regions.

A planar region is a simply connected (without holes) union of adjacent triangles with the "same" (up to a threshold) unit normal vector. Nevertheless its planar character, the union of planar regions is not necessarily a simply connected region; it can contain "holes" (corresponding to windows, ornamental details, etc). A dominant plane is the support of a collection of connected planar regions; meaningful examples correspond to façades, the ground or the roof. Obviously, due to irregularities of roofs (arising from tiles, e.g.) threshold for roofs must be higher than for façades or the ground, but this can be on-line learned from radiometric properties. A collection of dominant planes (arrangement) generates a decomposition of ambient space in 3D cells whose characteristics have a cubic complexity in the number of planes, but most of such 3D cells are irrelevant from the Recognition viewpoint. To avoid troubles with such decomposition and to reduce the information to be managed, one generates virtual edges arising from the intersection of two large adjacent planar regions (support of two dominant planes) with different normal unit vectors. The portion of a dominant plane which is bounded by a plane polygonal of edges is called a planar basic cell, and it corresponds to the visible part of a planar façade from the viewpoint of scanner device (it is not necessarily a rectangle, even the façade it is, because partial occlusions can remain from several localizations). From this method it has been possible to construct advanced visualization of urban environments, with mid-size urban entities given by connected collections of closed polygons integrated by planar basic cells in a similar way to the construction of boundaries of regions arising from image processing.

Some other applications of piecewise linear models for planning restoration interventions concern to the identification of lack of

verticality or the lack of alignment of structural elements (basis of columns, e.g.). Usually, lack of verticality of walls is the manifestation of some structural problems linked to failures in compensation of traction or compression efforts of structural elements. We have developed a methodology for estimating simple structural defects on a 3D model by using the superposition of sampled sections corresponding to plans which are perpendicular to some ideal axis. Such sections are obtained by projecting slices of sub-clouds of points on an intermediate plane for each slice.

This methodology has been applied to construction surveying for a large number of buildings, bridges, urban environments, castles, churches, industrial and ethnographic Cultural Heritage (more information in (www3.uva.es/davap/)). In particular, an illustration has been developed in [San07], and has been awarded as one of the best three works presented at CIPA meeting of Athens. However, sometimes structural defects are not supported on piecewise linear elements, but on piecewise quadratic elements corresponding to columns or vaults.

3. SIMPLE QUADRICS FOR RECOGNITION OF CURVED OBJECTS

Two very common non-linear geometric elements in old Cultural Heritage are given by pieces of spheres or cylinders. In practice, it is very difficult to find an exact geometric shape. Thus, one must perform a "relaxation" of geometric conditions, which is linked to the selection of a threshold for the geometric characterization of primitives. From the discrete viewpoint, it is necessary to superimpose a piecewise linear structure to the cloud of points given by a triangulation. In the same way as for the planar case, to each triangle we associate the normal unit vector at his barycenter; the choice of unit vectors allows compare directions, no matter of triangle size. In order to determine a shape given by simple quadrics (a piece of sphere or cylinder, in this work) as ideal model for pieces non-ordered clouds of 3D points, it suffices to make computations on subclouds which are selected in an interactive way (clipping procedures). After sampling, our method has two steps: (i) adjustment of an ideal simple quadric to the clipped subcloud; (ii) evaluation of differences between the ideal geometric object and the real model.

3.1 Estimation of Spheres

A sphere is geometrically characterized by the following condition: the normal direction at each point p passes through the center of sphere; the normal direction at each point is the prolongation of radius, and corresponds to the normal vector to the tangent plane of sphere at p . Hence, from a theoretical viewpoint it suffices to compute the intersection of two normal directions at two distinct points p_i and p_j of the sphere. Even for an ideal sphere, due to floating arithmetic computations, both normal directions are crossing without intersecting them.

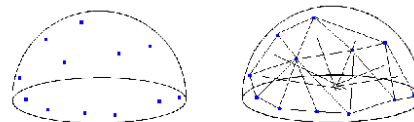


Fig.3: An ideal representation of a spherical vault, a very low resolution cloud, and the computation of incidence conditions for normal unit vectors

Following this ideal approach, one could minimise all the

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

distances between crossing normal directions to obtain the center of sphere (in a similar way to triangulation methods of 3D Reconstruction in Computer Vision). However, in practice this method not works either, due to the presence of additional elements (ornamental details or arcs contained in vaults, e.g.); in both cases, triangles having a vertex on such additional element give normal vectors which are not related with "generic" normals, i.e. normals corresponding to three generic points on the vault (not belonging to additional elements).

3.2 Estimation of Cylinders

A cylinder is geometrically characterized by the following condition: the normal direction at each point p passes through the axis of the cylinder; this normal direction corresponds to the normal vector to the sphere at p . Hence, from a theoretical viewpoint it suffices to compute the cross-product of two normal directions at two different points p_1 and p_2 of the cylinder. The cross product $n_1 \times n_2$ of two unit normal directions n_1 and n_2 gives a unit vector. One can associate to the product $n_1 \times n_2$ a point of a unit sphere, which can be interpreted as a direction in 3D space corresponding to the axis of cylinder. The cylinder is determined by the axis direction and a normal vector to the axis. The normal vector is determined as the radius of a flattened slice transversal to the vertical axis. Alternately, one can perform successive slices, compute the centre for each slice and align the centres by some interpolating method. The above figure illustrates the slicing method.

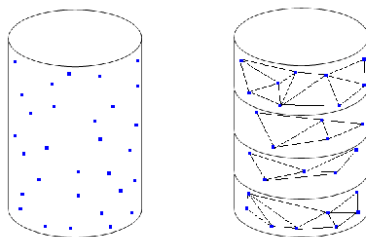


Fig.4: An ideal representation of a cylindrical shape with a superimposed cloud of points (very low resolution), the slicing method and the detection of a centre for each slice.

From a theoretical viewpoint, for determining the spherical or cylindrical shape, it would suffice a very low number of points: four for a sphere, and five for a cylinder (nine for a general quadric). However, computations with superimposed discrete structures are a little bit more complicated ones. After several proofs, one can conclude which several hundreds of 3D points provide enough information for spherical and cylindrical elements. In both cases, the reduction has been performed by using decimation, but more smart sampling procedures having in account voting procedures for different weights, are being developed, nowadays.

4. ARCHITECTURAL APPLICATIONS FOR THE NON-LINEAR CASE

In this section we display some results related to the adjustment of clouds of points of structural indoor elements (belonging to columns and vaults) to some simple non-linear primitives. There are a lot of software tools for interactive superposition of geometric primitives. To avoid a high interaction with user, to

lower the high resources of huge files, and to classify 3D objects in increasing larger repositories, it is necessary to advance towards a top-down approach to volumetric segmentation of real objects in terms of simple surfaces. This is not only an academic question. Indeed, the design and implementation of software tools for volumetric segmentation will improve the management of huge data sets, by maintaining the accuracy in an adaptive way to the object. In this section, we sketch some corrections which must be applied to the theoretical aspects involving incidence conditions for normal directions to triangles corresponding to spheres and cylinders.

4.1 Our method

Even if three points p_1 , p_2 and p_3 belong to an ideal sphere, the barycenter $b = (p_1 + p_2 + p_3)/3$ of each triangle is not a point of the sphere, but the normal unit vector computed at the barycenter of triangle provides an approximation to the normal unit vector of the sphere. We use a measure of "concentration" for near quasi-intersection points between normal directions to triangles at the barycenter $b_{ijk} = (p_1 + p_2 + p_3)/3$; clustering algorithms provide the simplest model for evaluating such concentration. However, the triangle $T_{ijk} = \langle p_1, p_2, p_3 \rangle$ is not contained in the tangent plane to the sphere. Thus, a crucial issue is the choice of resolution of the cloud of points. A fine cloud gives a lot of triangles with a high number of outliers (normal directions with a vertex on an additional element in this case), and it is very difficult to extract some meaningful information. Contrarily, a coarse cloud gives few triangles, and implementation of simple voting procedures is an easy task. Thus, we have chosen a clustering strategy of putative intersection points of normal directions to triangles based on a coarse sample of the original cloud.

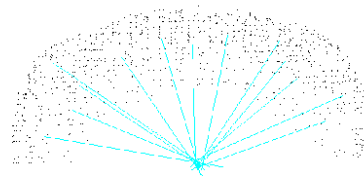


Fig.5: Visualization of incidence conditions relative to the normal directions of a very low resolution sample of triangles arising from the cloud of a gothic vault

Similarly, given three points p_1 , p_2 and p_3 on a cylinder, and the triangle $T_{ijk} = \langle p_1, p_2, p_3 \rangle$ the barycenter b_{ijk} of the triangle T_{ijk} is not a point on the cylinder. Hence, even for an ideal cylinder, due to the distance of barycenter with respect to the true surface and floating arithmetic computations, normal directions through two distinct barycenters are not exactly normal to the cylinder, and hence, their product is not exactly the axis of the cylinder. The distance of barycenter with respect to the true surface parametrises the difference between the plane determined by the triangle T_{ijk} and the tangent plane of cylinder computed at the projection b' of the barycenter $b = (p_1 + p_2 + p_3)/3$ on the cylinder. This would be an easy question if we would have a previous knowledge of the cylinder. For estimating their geometric properties, one applies the same clustering strategy as for the sphere. The selection of a very coarse sampling of the clipped cloud of points allows avoid large errors arising from

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

ornamental details and provides an initialisation for computations which can be iteratively improved.

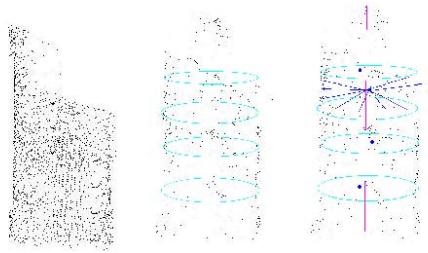


Figure 6: Visualization of (the negative of) a clipped cloud corresponding to a column, and computations of incidence conditions relative to the search of the ideal cylinder

A combination of techniques relative to the detection of planar and quadratic primitives can be performed. The next figure illustrates the case of a mid-point arc in Romanesque vaults, where one can obtain results as the following ones:

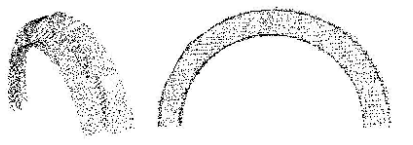


Fig.7: Visualization of adjustment of cylindrical shapes to a Romanesque arch

By using the corresponding modules of UvaCad, it is possible to perform a volumetric segmentation of different spherical or cylindrical components involving a vault, and to evaluate possible structural damages linked to their difference with respect to an ideal geometric shape. This strategy has been applied for detecting structural pathologies and assessing the intervention planning in several churches of Castilla y Leon (Spain).

Furthermore, it has been developed a VR module for visualizing the possible incorporation of simple geometric primitives and computing the difference with respect to the current state of archaeological sites (Castle of Trigueros del Valle, Valladolid, Spain).

5. CONCLUSIONS

This work involves to geometric and structural aspects of a semantic approach to Recognition problems for 3D objects developed by the DAVAP cluster of the University of Valladolid. We have designed and implemented several software tools linked to the UvaCad software platform which are focused towards the automatic detection of simple quadratic primitives (sphere and cylinder) of clipped clouds of points. In this work we have adopted a top-down strategy for design which is based on the characterisation of simple geometric quadrics in terms of incidence properties between normal directions to each triangle linked to a triplet of near points. A drastic reduction of density of cloud of points is necessary for working with a low number of outliers and for bounding excessive dispersion around the evaluation of incidence conditions.

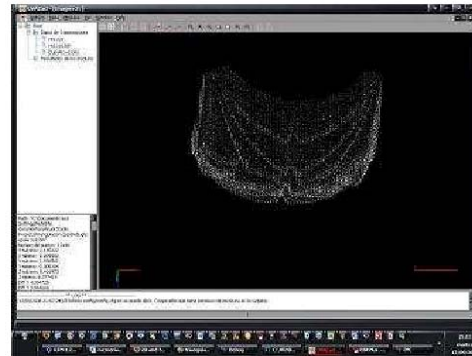


Fig.8: A visualization of a sampled cloud of points corresponding to a gothic vault in UvaCad software

A piecewise planar model given by a triangulation is associated to the sampled cloud. The evaluation of incidence conditions for normal directions to facets is the key for the automatic estimation of spheric or cylindrical components. The corresponding software tools have been incorporated as a module of the software platform UvaCad, including some aspects relative to their advanced visualization. Recognition of structural defects involving simple curved elements allows the identification of some structural defects involving vaults or columns, and the design of possible interventions directly on the clipped cloud.

References

- [Attene2006] Attene, M., Biasotti, S., Moratara, M., Patané, G., Spagnuolo, M. and Falcidieno, B.: "Computational methods for understanding 3D Shapes", Computer and Graphics 30, 323-333, 2006.
- [Gan2007] Gan, G., Ma, C. and Wu, J., 2007: "Data Clustering: Theory, Algorithms, and Applications", ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Probability, SIAM.
- [Hurtado2009] Hurtado, A., Finat, J.: "Stratified Morse Theory and Shape Recognition", submitted for publication.
- [Iyer2005] Iyer, N., Lou, K., Janyanti, S., Kalynarman, Y. and Ramani, K. 2005: "Three-dimensional Shape Searching. State of the art review and future trends", Computer Aided Design 37, 509-530.
- [Kimura2009] Kimura, F. (ed): "Geometric Modelling: Theoretical and Computational Basis Towards Advanced CAD Applications", Springer-Verlag, 2001
- [SanJose2007] SanJosé, J.J., Fernández-Martin, J.J., Martínez, J., Pérez-Moneo, J.D. and Finat, J.: "Evaluation of Structural Damages from 3D Laser Scans", CIPA, Athens 2007.

Acknowledgements

The authors acknowledge to the MAPA Project (Models and Algorithms for the Architectural Cultural Heritage) for their partial financial support for the development of UvaCad software platform (BIA2004-08392-C02-01). The current work is partially supported by the "Proyecto Singular Estratégico PATRAC (Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras)", PS-380000-2006-2 of the Spanish Ministry of Science and Innovation.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.4 ARTÍCULO “NUEVOS MÉTODOS PARA VIEJAS TECNOLOGÍAS: ANÁLISIS Y DOCUMENTACIÓN DE LOS MATERIALES ARQUEOLÓGICOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS LÁSER-SCANNER 3D”

D.Rubio, J.M.Rubio, J.Baenar, J.J.Fernándezn y J.Finat: “Nuevos métodos para viejas tecnologías: análisis y documentación de los materiales arqueológicos mediante la aplicación de sistemas Láser-scanner 3D”. I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación. Sevilla 17-20 de Junio de 2009.

El objetivo prioritario de este Congreso es el de dar una visión actualizada de la Arqueología del siglo XXI: investigación y desarrollo en arqueología virtual; proyectos realizados, en curso y en preparación; nuevas técnicas de visualización y desarrollo de metodologías novedosas.

Este Congreso supone un encuentro entre profesionales y especialistas de carácter multidisciplinar, que propicie el intercambio de ideas e información, así como promover la cooperación y la posibilidad de participación en proyectos conjuntos.

Por otro lado, se ofrece a la comunidad científica y empresarial del sector el foro idóneo para la presentación de las últimas investigaciones y desarrollos del ámbito de trabajo, así como mostrar las posibilidades reales de aplicación.



Nuevos métodos para viejas tecnologías: análisis y documentación de los materiales arqueológicos mediante la aplicación de sistemas Láser-scanner 3D

Daniel Rubio Gil¹, José Martínez Rubio², Javier Baena Preysler¹, Juan José Fernández Martín² y Javier Finat Codes²

¹ Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid. España

² Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica (LFA) y grupo de Documentación, Análisis y Visualización Avanzada del Patrimonio (DAVAP) de la Universidad de Valladolid.

Resumen

El presente trabajo de investigación, pretende contribuir a profundizar en la cada vez más frecuente aplicación de Nuevas Tecnologías (Láser-scanner 3D) en la disciplina arqueológica, con el objetivo de desarrollar nuevas vías de estudio relacionadas con la documentación, análisis, divulgación, conservación y puesta en valor del registro material arqueológico. Para abordar este proyecto con garantías de éxito, hemos considerado indispensable llevarlo a cabo en un entorno de trabajo multidisciplinar (Departamento de Prehistoria y Arqueología de la UAM y grupo de investigación DAVAP del Departamento de Fotogrametría de la UVA), estrategia que nos permitirá desde una perspectiva conjunta, explorar y evaluar las múltiples posibilidades que nos ofrece el registro de materiales arqueológicos en 3D mediante Láser-Scanner, con el propósito de progresar en la obtención de resultados científicos y divulgativos más completos y acordes con el desarrollo actual de nuestra sociedad.

Palabras Clave: Registro Arqueológico, Láser-Scanner 3D, Informática gráfica, Nuevas Tecnologías.

Abstract

This research work, aims to contribute to the increasing application of new technologies (3D laser-scanner) in the archaeological discipline, with the aim of developing new avenues of study related documentation, analysis, dissemination, conservation and value of the archaeological register. To tackle this project successfully, we considered essential to implement a multidisciplinary working environment (Department of Prehistory and Archeology of the UAM and research group, Department of Photogrammetry DAVAP of UVA), strategy that will enable us in a joint and evaluate the many possibilities it offers us the register of archaeological materials in 3D Laser-Scanner, with the aim of advancing scientific results more informative and complete and consistent with the current development of our society.

Key words: Archaeological Register, Laser Scanner 3D, Computer Graphics, New Technologies.

1 Introducción

Resulta evidente, que desde hace varias décadas, los constantes avances que se producen en el campo de la informática gráfica y de las nuevas tecnologías, así como la cada vez más frecuente colaboración entre diferentes grupos de investigación, han propiciado la incorporación masiva de nuevos métodos de documentación y

estudio procedentes de diversos campos científicos, al ámbito de la Arqueología y el Patrimonio en nuestro país. Sin embargo, y aunque es innegable que las aplicaciones tecnológicas están abriendo un nuevo marco repleto de alternativas y vías de estudio aplicables en nuestra disciplina, no podemos obviar que en la mayoría de los casos estas líneas de investigación han estado focalizadas hacia estudios vinculados con la Arqueología de campo y las

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



reconstrucciones/musealizaciones virtuales de yacimientos (sirvan como ejemplo las múltiples plataformas desarrolladas en el entorno de los S.I.G. o las cada vez más frecuentes realidades virtuales elaboradas en yacimientos arqueológicos o monumentos de interés patrimonial). Por el contrario, son mucho menos frecuentes los proyectos de investigación relacionados con el empleo de nuevas tecnologías en *pro* del desarrollo de nuevos métodos de registro en 3D de materiales arqueológicos. Dentro de esta última temática, es donde se ubica nuestra propuesta, cuya finalidad en este trabajo es mostrar algunas de las numerosas posibilidades que nos ofrecen los sistemas de digitalización 3D, para el análisis, documentación, divulgación y conservación del registro arqueológico.

2 ESCANEADO Y TOMA DE DATOS

Para la digitalización tridimensional de piezas de tamaños comprendidos entre unos pocos centímetros y hasta dos o tres metros, ya existe una variedad de soluciones tecnológicas.

La mayoría de los sistemas se basan en el principio de la triangulación espacial. Éste puede describirse de manera sencilla, como el proceso por el cual se calcula la posición en el espacio de un punto de la superficie del objeto, mediante la resolución de un triángulo formado por dos trayectorias luminosas que convergen en dicho punto desde una base fija. Los equipos normalmente están dotados de un proyector de luz colimada y un sensor capaz de determinar angularmente la procedencia de un punto luminoso. Cuando desde el emisor E se proyecta un rayo (láser en algunos casos) en una dirección conocida encontrando el objeto en su trayectoria, se produce un foco de radiación puntual o “*spot*” que puede ser “visto” por el sensor S bajo un ángulo determinado. Estas dos direcciones, que pueden caracterizarse por dos ángulos esféricos, junto con la *base-line* o distancia entre los centros de emisión y recepción, permiten la solución del punto del espacio del objeto.

El principio, con alguna salvedad, es el mismo de un método topográfico conocido como bisección y no es tampoco distinto del método general de la fotogrametría. Lo que distingue a un escáner frente a otros sistemas de posicionamiento es la posibilidad de realizar millones de bisecciones en lapsos de tiempo mínimos. Para ello el rayo de luz debe ser desviado gracias a espejos móviles u otros sistemas de deflexión en un movimiento de “barrido”.

El escáner *Minolta Vivid910* se basa en una haz láser plano que proyectado sobre el objeto, traza sobre el mismo un perfil luminoso que es registrado por una cámara situada fuera del plano de luz mientras va cambiando de forma al desplazarse el haz sobre el objeto en el movimiento de barrido. El análisis punto a punto de estos perfiles da lugar a una nube de puntos densa, que puede triangularse de forma sencilla siguiendo principios de proximidad para conectar los puntos con sus vecinos inmediatos.

Una característica de este escáner es que el mismo sensor que registra los perfiles de luz y por lo tanto la geometría, al terminar la operación de escaneo pasa a funcionar como una cámara fotográfica y captura una imagen del escenario que servirá para dotar de color a cada uno de los puntos registrados en 3D por lo que puede decirse que registra seis coordenadas para cada punto XYZRGB.

El aparato admite tres grupos ópticos diferentes en el módulo de imagen; lentes con distinta focal y que por lo tanto capturan campos diferentes, pudiendo trabajar sobre un área mayor o menor, pero siempre capturando el mismo número de puntos 3D (ya que éste está limitado por el número de píxeles de la matriz CCD). Cambiando estas lentes optamos por tres modos de trabajo con distinta resolución espacial y precisión:

Lente	Rango XYZ útil (mm)	Precisión XYZ (mm)
f=25mm	111x83x40	±0.22mm ±0.16mm ±0.10mm
Focal f=14mm	198x148x70	±0.39mm ±0.28mm ±0.18mm
f=8mm	359x269x110	±0.71mm ±0.51mm ±0.28mm

Para agilizar y sistematizar la digitalización de una pieza completa desde todos los puntos de vista, se dispone de una plataforma rotatoria comandada por el software de control del escáner. Dicha base permite realizar giros programados (en este caso han sido cada 30°) a la pieza colocada sobre un soporte apropiado de modo que esta ofrezca todas sus caras al escáner.

El control de la mesa rotatoria incluye una fase inicial de calibración que permite al software reconocer la posición relativa del eje de rotación respecto al origen de coordenadas del escáner, con

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



lo que es posible la unión automática de las “pieles” que se obtienen en los sucesivos escaneos. El escáner produce ficheros digitales en distintos formatos estándar (stl, ply, obj) así como en un formato “propietario”. Dichos archivos pueden unificarse por el procedimiento de reconocer y superponer las partes del objeto que han sido registradas en dos operaciones de escaneo solapadas. El constructor del escáner ofrece un programa denominado *Polygon Editing Tool* (PET) con el que además de controlar el equipo, el usuario podrá realizar las tareas de “pegado” y fusión de las distintas tomas, pero más allá de estas funciones resulta un software muy limitado. Por ello se puede recurrir a paquetes más potentes y completos, entre los que citaremos *Polyworks*, que ha sido el utilizado para los ejemplos que aquí se presentan, y otros como *RapidForm*, *Geomagic*, etc.

La secuencia de operaciones a partir de los datos dados por el escáner puede resumirse así:

1. Registro o alineamiento dos a dos de las tomas sobre un único sistema de coordenadas. (*Polyworks IMAlign*)
2. Fusión de las tomas en un único modelo 3D, en el cual se conserva la densidad de los datos originales. (*Polyworks IMMerge*).
3. Análisis métrico: Secciones, análisis volumétricos, etc. (*Polyworks IMInspect*).
4. Edición de productos de divulgación: Informes, imágenes, videos “fly around”, etc. Creación de librerías o catálogos de objetos 3D.

3 POSTPROCESADO ANALÍTICO A PARTIR DE LOS MODELOS 3D

Una vez finalizado el proceso de escaneado de los objetos, y completada la optimización global del modelo tridimensional generado, cabe preguntarse: ¿la aplicación de nuevas tecnologías es un fin en sí mismo para el estudio y documentación del patrimonio arqueológico? En nuestra opinión, consideramos erróneo cualquier teoría que nos induzca a pensar que por el mero hecho de aplicar novedades tecnológicas obtendremos resultados informativos con valor propio. Por tanto, tenemos la convicción de que la utilización de estas nuevas herramientas, debe concebirse no como una solución *per se*, sino como un medio que nos permita explotar al máximo la potencialidad informativa que posee el registro arqueológico (TEJADO, 2005: 138-140). La vinculación de las nuevas tecnologías deberá

hacerse no como objeto de estudio por sí mismo, sino como vía con la que mejorar los objetivos propios de la Arqueología.

En este sentido, el trabajo que presentamos parte de una concepción metodológica previa, en la que intentamos ofrecer nuevas alternativas gráficas que nos ayuden a comprender y analizar el registro arqueológico de una manera mucho más integral, que la ofrecida hasta la actualidad por los métodos “tradicionales” de registro y representación. Para ello, mostramos como ejemplo tres objetos arqueológicos de diferente naturaleza física (industria lítica, material óseo y cerámica), que han sido escaneados con el objetivo de examinar algunas de las múltiples posibilidades de postprocesado, tanto analíticas como divulgativas, que nos proporciona el empleo de *Softwares* especializados (en este caso hemos empleado *Polyworks* de la empresa *Innovmetric*) para la gestión y explotación de los datos 3D generados con el scanner *Konica Minolta VI-910*.

En el caso de los **conjuntos líticos prehistóricos**, podemos decir que el principal inconveniente en la superación de los métodos tradicionales de registro en 2D, está fuertemente condicionado por el hecho de que cada pieza posee unas características morfológicas y volumétricas particulares. Por ende, todavía son escasos los proyectos de investigación que intentan emprender trabajos encaminados hacia la sistematización de nuevos modelos de representación en 3D de las industrias líticas, aunque merece la pena mencionar los estudios que actualmente está desarrollando el equipo *The Weizmann Institute of Science* en Israel (Grosman et al. 2008), donde a partir de la digitalización 3D de conjuntos Achelenses están elaborando catálogos tipológicos agrupados en diversas Galerías Virtuales, que pueden consultarse en su Web (<http://www.weizman.ac.il>).

En consonancia con el trabajo citado anteriormente, nuestro proyecto está dirigido hacia la mejora en el registro del instrumental lítico, tomando como referencia diversos materiales procedentes de varios yacimientos pleistocenos de la Comunidad de Madrid.

Aquí, exponemos a través de un bifaz proveniente del yacimiento de “Cien Fanegas” (Aranjuez, Madrid) una serie de ventajas que nos proporciona la analítica de postprocesado realizada sobre el modelo 3D, entre las que destacamos las siguientes:

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



- a) Morfometría dotada de gran precisión (20 micras), que nos permite elaborar estudios métricos casi exactos sobre cualquier parte de la pieza (Figura 1-A).
- b) Elaboración de renderizado y fotomontajes 2D a partir del objeto 3D, para representar de manera fidedigna cualquier vista de la pieza (Figura 1-B).
- c) Elaboración de un inventario tipológico virtual asociado a una base de datos.

En relación con los **materiales óseos**, son abundantes las investigaciones que recurren a la tecnología láser, como complemento idóneo de estudio para las prestaciones ofrecidas por las técnicas radiológicas (TAC), frecuentemente usadas por los especialistas en este campo (Mafart et al. 2004; Benazzi et al. 2009; etc).

En nuestro caso, hemos escaneado como muestra de este tipo de materiales, un fémur humano hallado en el Osario medieval de “Wamba” ubicado en la Iglesia de Santa María (Valladolid), el cual nos ha permitido indagar sobre algunas aplicaciones interesantes ejecutadas a partir del modelo 3D, como son:

- a) Métricamente, obtenemos representaciones rápidas y precisas (10 micras) sobre la morfología externa del material paleontológico (Figura 2-A).
- b) Elaboración de exámenes volumétricos precisos, mediante secciones paulatinas en tiempo real sobre cualquier plano (Figura 2-B).
- c) Amplias posibilidades para abordar estudios de carácter taxonómico, biomecánico, paleopatológico... así como la elaboración de modelos virtuales.

En lo referente a los **objetos cerámicos**, se puede afirmar, que su naturaleza geométrica -superficies de revolución-, ha facilitado notablemente tanto la experimentación con plataformas informáticas de tipo CAD (SOPENA, 2006, IRUJO y PRIETO, 2007), como la investigación con instrumentos de escaneado 3D (KARASIK y SMILANSKY, 2008, etc), ambas enfocadas hacia la representación tridimensional de estos materiales.

Nuestra contribución, dentro de este prolífero campo de estudios relacionados con el registro 3D del material cerámico, se basa en diversas experiencias de documentación de las

producciones cerámicas campaniformes del yacimiento Calcolítico de “El Camino de las Yeseras” (San Fernando de Henares, Madrid). De la misma manera que en el resto de materiales, existen numerosas vías de análisis posteriores al modelado 3D del objeto, entre las cuales reseñamos estas:

- a) Aprovechamiento de la precisión métrica, para la delineación correcta de los perfiles/secciones, que tanta complejidad presentan en las producciones cerámicas elaboradas a mano (Figura 3-A).
- b) Estudios de carácter tecnológico y de manufactura del objeto, por medio de secciones radiales desde el eje de simetría y equidistantes entre sí (Figura 3-B).
- c) Reconstrucción 3D a partir del fragmento (si es posible), con la finalidad de crear galerías virtuales, y de realizar analíticas relacionadas con la potencialidad de uso del artefacto, como son el cálculo de volumen, centro de gravedad, etc. (Figura 3-C).

CONCLUSIONES

Sintetizando lo expuesto en los epígrafes anteriores, podemos decir que el proyecto de investigación que desarrollamos y otros similares, contribuyen positivamente a la modernización de la disciplina arqueológica, en cuanto se refiere a la incorporación de elementos para la reflexión en relación con el diseño de nuevos enfoques metodológicos para la documentación y análisis del registro arqueológico. En este sentido, consideramos que la captura digital de materiales arqueológicos mediante tecnología láser-scanner 3D nos reporta múltiples ventajas:

En rasgos generales, uno de los principales beneficios inherente al empleo de las técnicas de digitalización con láser 3D, es que sin necesidad de alterar/manipular el objeto obtenemos una gran precisión (0.05 mm) en un tiempo de trabajo muy reducido (unos 10 minutos por pieza).

Dentro del ámbito científico, resulta significativa la enorme gama de vías analíticas (estudios morfométricos y volumétricos, secciones en tiempo real, búsqueda de atributos tecnológicos, integración en bases de datos, etc) que podemos desarrollar con procesos de postprocesado adecuados sobre los modelos 3D. Asimismo, no debemos obviar que la enorme precisión obtenida

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



con esta técnica, nos habilita para iniciar el estudio de los materiales arqueológicos partiendo desde una base informativa mucho más objetiva e integral, que la ofrecida por los métodos de documentación y representación “tradicionales” dominantes hasta el momento. Además, está exactitud geométrica, facilita el establecimiento de seguimientos cíclicos (escaneados con intervalos temporales) de carácter preventivo en el ámbito de la conservación-restauración, así como la posibilidad de realizar réplicas físicas a escala real de las piezas en diferentes materiales, con fines museísticos y didácticos.

Por otro lado, en lo referente al marco divulgativo, es fundamental gestionar de manera adecuada la información obtenida con el láser 3D, de tal manera que sin perder su valor científico, pueda satisfacer la demanda cultural de nuestra sociedad. Para ello, la inclusión de las réplicas virtuales (futuros museos virtuales) de los materiales en nuevos métodos de visualización avanzada (sirvan de ejemplo VRML y audiovisuales), son una buena manera de transmitir al público en general los conocimientos y valores que posee el Patrimonio arqueológico (mediante catálogos/galerías virtuales en museos o vía Web, etc), siempre y cuando se haga con bases científicas y no con parámetros sustentados en la ciencia ficción.

Por último, subrayar que el principal inconveniente para la aplicación de estas nuevas tecnologías a la disciplina arqueológica, sigue siendo su alto coste, por lo cual a día de hoy consideramos esencial llevar a cabo estos proyectos desde la colaboración interdisciplinar entre instituciones y grupos de investigación. De esta manera, esperamos abrir nuevas líneas de investigación, relacionadas con la documentación, análisis y puesta en valor del registro material arqueológico acordes con las demandas socio-culturales actuales.

Agradecimientos

En primer lugar, hay que decir que esta investigación ha sido posible gracias a la buena disponibilidad y colaboración prestada por el Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica (LFA) de la Universidad de Valladolid coordinado por Jesús San José Alonso.

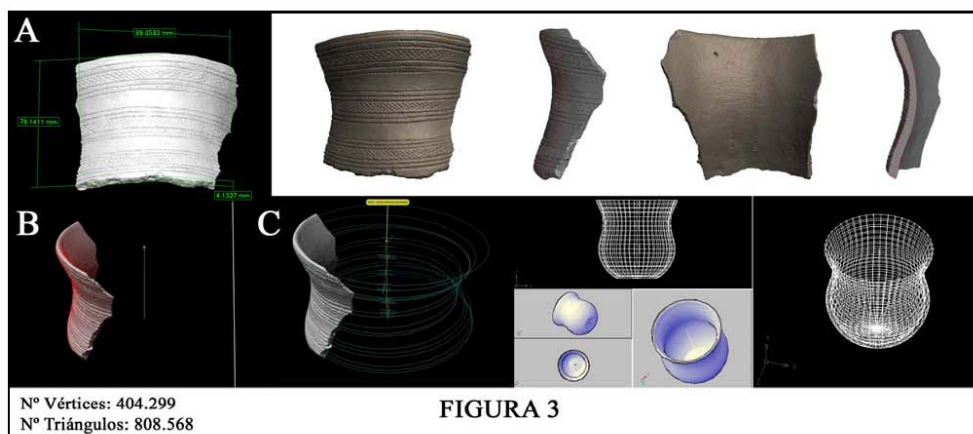
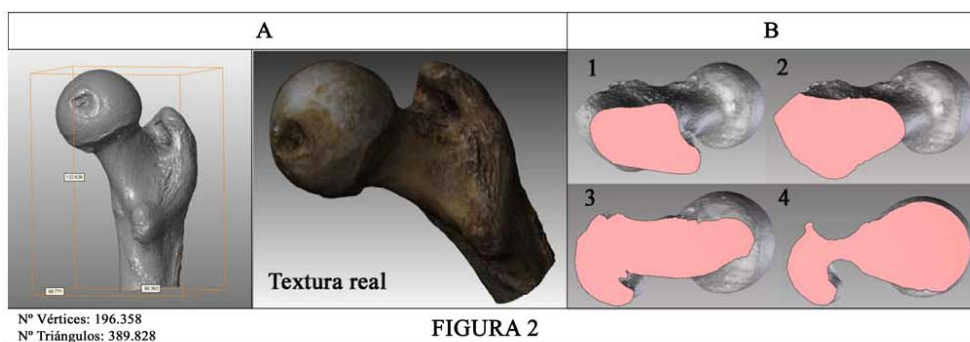
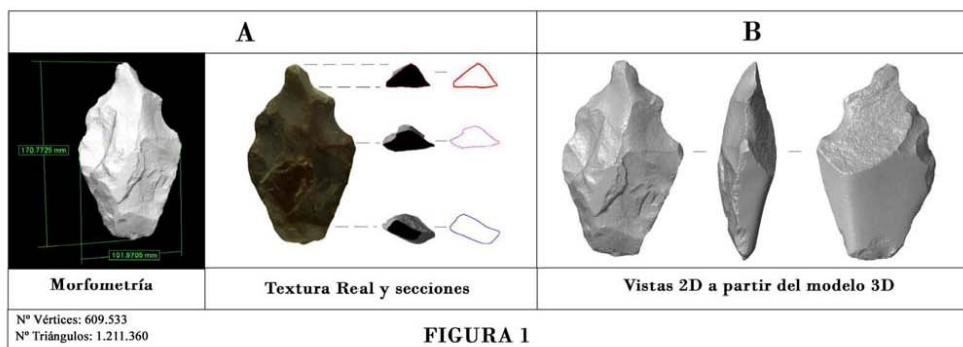
Igualmente, cabe agradecer la ayuda recibida por el Gabinete de Prehistoria de la UAM, y especialmente al apoyo prestado por el proyecto de

investigación de I+D (ref. Hum. 2007/645056) “*Economía y Sociedad durante el Calcolítico de la Meseta: El yacimiento de Camino de las Yeseras*” (San Fernando de Henares, Madrid). Asimismo, agradezco la labor de los directores de los trabajos de campo desarrollados en los yacimientos citados (Inmaculada Rus, Concepción Blasco y Jorge Vega).

Bibliografía

- BENAZZI, Stefano; FANTINI, Massimiliano; DE CRESCENZIO, Francesca; PERSIANI, Franco; y GRUPPIONI, Giorgio (2009): “Improving the spatial orientation of human teeth using a virtual 3D approach”. *Journal of Archaeological Science* 36, 2009, pp. 286-293.
- BLASCO, Concepción; DELIBES, Germán; BAENA, Javier; LIESAU, Corina; y Ríos, Patricia (2007): “El poblado Calcolítico de Camino de las Yeseras (San Fernando de Henares, Madrid): Un escenario favorable para el estudio de la incidencia campaniforme en el interior peninsular”. *Trabajos de Prehistoria*, 64, Nº 1, pp. 151-163.
- FINAT, Javier; MARTÍNEZ, José; FERNÁNDEZ, Juan José; SAN JOSÉ, Jesús; y TAPIAS, A (2005): “Hybrid Strategies for applying Virtual Reality on Laser Scanning 3d files”, en S.El-Hakim et al (eds): “Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures” *The Intl. Archives of the ISPRS*, Vol. XXXVI, Part: 5/W.17, 2005.
- GROSMAN, Leore; SMIKT, Oded y SMILANSKY, Uzy (2008): “On the application of 3-D scanning technology for the documentation and typology of lithic artifacts”. *Journal of Archaeological Science* 30, 2008, pp. 1-10.
- IRUJO RUIZ, D.J. y PRIETO MARTÍNEZ, M.P. (2007): “Aplicaciones 3D en cerámica prehistórica contextos arqueológicos gallegos: Un estudio sobre percepción visual”. *Arqueoweb* 7 (2), 2007.
- KARASIK, Avshalom y SMILANSKY, Uzy (2008): “3D scanning technology as a standard archaeological tool for pottery analysis: practice and theory”. *Journal of Archaeological Science* 35, 2008, pp. 1148-1168.
- MAFART, Bertrand; GUIPERT, Gaspard; DE LUMLEY, M^e Antoinette y SUBSOL, Gérard (2004): “3D computer Imaging of hominid fossils: A new step in human evolution studies”. *JACR VOL.* 55, Nº 4, 2004, pp. 264-270.
- SOPENA VICIÉN, M^e Cruz (2006): “La investigación arqueológica a partir del dibujo informatizado de cerámica”. *Saldvie*, Nº 6, 2006, pp. 13-27.
- TEJADO SEBASTIÁN, J. M^a (2005): “Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: Las Nuevas Tecnologías en el registro, conservación y difusión del Patrimonio Arqueológico”. *Iberia*, Nº 8, 2005, pp. 135-158.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados



E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.5 ARTÍCULO “REMOTE HEALTH MONITORING: A CUSTOMIZABLE PRODUCT LINE APPROACH”

M.A.Laguna, J.Finat, and J.A.González: “Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach”. Published in Springer-Verlag (Berlin, Heidelberg, New York), and presented in IWAAL - International Workshop of Ambient Assisted Living, University of Salamanca, Spain. 10-12th June, 2009.

IWAAL promueve la colaboración entre investigaciones en el área de la asistencia en la vivienda, concentrando sus esfuerzos y detectando los problemas en la calidad de vida, seguridad y salud de las personas mayores en casa. Para ello, las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) han de aplicarse para lograr la independencia de estas personas en estos ambientes. Además, también se consideran otros contextos como hospitales o centros de día. Finalmente, son importantes las propuestas para apoyar a las actividades de las familias y los cuidadores.

Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach

Miguel A. Laguna, Javier Finat, and José A. González

GIRO and MoBiVAP Research Groups, University of Valladolid, Campus M. Delibes,
47011 Valladolid, Spain
mlaguna@infor.uva.es, jfinat@agt.uva.es, toni.kmg@gmail.com

Abstract. The increasing proportion of aged people in the population of developed countries requires the provision of assistance services based on remote continuous monitoring. Wireless sensors allow regular and real-time information to be obtained concerning health parameters in a non-intrusive way. The identification of critical values for these parameters and the computing possibilities of the current mobile devices provide support for a fast intervention which can minimize risks linked to delays in medical assistance. The diversity of individual situations has guided us towards a solution based on the software product line paradigm, as multiple options can be easily incorporated to the final product implementation. This article presents the product line generic architecture and an example of application, using a wireless sensor connected to a central station by means of a smart phone, which is able to detect alarm situations.

1 Introduction

Quality of life improvement is a general aspiration, especially associated to subjective feelings about health and mobility. The raising of life expectancy and the increase in aged people in most developed countries introduces new challenges for improving the quality of services related to health risk prevention while holding costs in the health-care systems [5]. The mobility of aged people can come into conflict with frequent monitoring of health parameters under medical supervision. A supervised self-management of patients is one of the most important challenges for the near future in mobile health care and telemedicine. On the other hand, wireless devices are being developed for multiple purposes with an increasing list of applicability domains. Some factors that contribute to this increase are the ubiquity of wireless communications and the rise of networked infrastructures. The Global Positioning System (GPS) is another inexpensive data source that can be combined with health parameters, completing the information required by health professionals in detection of risk situations.

Consequently, in the near future, minimally invasive systems for remote monitoring will be demanded. These solutions must integrate components into wearable, portable or implantable devices coupled with mobile platforms and services. Requirements include the continuous monitoring of health parameters, activity, environment and operational parameters of the devices. The accuracy of measurements is critical, as the analysis and correlation of the acquired data with biomedical

S. Omatu et al. (Eds.): IWANN 2009, Part II, LNCS 5518, pp. 726–733, 2009.
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach 727

knowledge can originate clinically relevant information to be sent to health professionals. Simple operation of the device is another important requirement as such devices must be remotely controlled by health professionals. Thus, it is natural to conceive personalized solutions based on a combination of wireless sensors and mobile devices such as a Personal Data Assistant (PDA) or smart phones as the indicated tools for collecting, processing and transferring information to a central monitoring system. The implementation of a Services Oriented Architecture (SOA) for health care in a centralized system can coordinate the information sent by the mobile systems, collect normal and abnormal data, and raise the adequate alarm signals. Finally, the system must be personalized and optimized adapting it to each patient, by considering changes in health status and activity levels.

Most of the already available products address emergencies management [13]. But it is necessary to extend these possibilities to real-time monitoring devices focused on preventive surveillance of active patients and aged people. Many ad hoc experimental [7] and commercial [11] products are available and potentially adaptable to these patients. However, they are expensive and, generally, costs must be assumed by the patients themselves. We propose to generalize the solutions in a family of products based on low cost terminals and sensors, combined with an open software architecture.

The design of a hardware and software solution must be flexible enough to be adapted to different scenarios, from hospital to home-based or self-management healthcare, and including chronic or sporadic interventions, personalized for each patient. An efficient design of basic software architecture can provide the support for a large range of applications. Additionally, the design based on modular components based on common technologies and standard devices will allow reduced costs.

In this context, the collaboration of the members of the AIVI project and GIRO emerges. The AIVI project is lead by *Acciona Infraestructuras* and involves several companies and universities. GIRO is a research group specialized in Software Engineering. This collaboration aims to develop a solution for these challenges.

Software product lines (SPL) are a proven reuse approach in industrial environments, due to the combination of systematic development and the reuse of components that include the common and variable parts of the product line [2][4]. Our approach to product line development [9] uses the package merge mechanism of UML 2 [12] as a representation of the variability in the product line. This is directly reflected in the relationships between packages in the architectural models, so that the traceability of configuration decisions is straightforward. A similar strategy is applied at the implementation level, using packages of partial classes. The combination of these techniques and conventional tools make the developments of product lines easier as it removes the need for specialized tools and personnel [10]. We have integrated these techniques with Microsoft Visual Studio developing FMT, a feature specific tool¹ that is installed as a plug-in into the commercial platform.

This article focuses on the design and implementation of a product line for remote monitoring of health parameters in aged people. The advantages include an increase in self-confidence of aged persons, remote assistance, time saving systems for the medical staff, recommendations in the presence of abnormal parameters, and quicker response in crises or emergencies. We have organized the article as follows. After this

¹ <http://giro.infor.uva.es/FeatureTool.html>

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

728 M.A. Laguna, J. Finat, and J.A. González

introduction, Section 2 is devoted to the multiple functionalities that must be considered. Technological aspects, regarding design and implementation of the generic distributed architecture are developed in Section 3, including an example of a fully developed product. Finally, some conclusions and guidelines for future work are sketched in Section 4.

2 Requirements for a Remote Health Monitoring Product Line

A Mobile Information System for Health Care must provide parameterized information to medical experts, involving data (physiological, location) of mobile patients which can be captured with minimally intrusive sensors and periodically tracked. Such information must be locally analyzed and regularly transferred from the mobile device to a central health care system by means of wireless communications. Emergency signals must be generated when critical values of individual parameters appear during a sequence. Alternately, the accumulation of unusual values of parameters can indicate dangerous situations and are very useful in preventing emergencies. In both cases, Medical experts must identify the range of parameter values, depending on the personal characteristics of each patient. Thus, the monitoring situations can vary considerably from one patient to another and there is no universal solution. Personalization is crucial for improving efficiency and the patients' trust in the mobile system. Therefore, the planned product line must contemplate fully customizable products, in particular their remote (re)configuration.

Using a feature model, we have analyzed many technical possibilities in detail, as well as some parameter ranges as expressed by medical experts. Features were introduced in the FODA method [8] to express variability and commonality in a family of similar products. Features are nodes of a tree, related by various types of edges. The tree root is called the root feature, or concept. The edges are used to decompose this concept into more detailed features. There are several MANDATORY and OPTIONAL decompositions. The black/with circles of the partial SPL feature model of Figure 1 represent the MANDATORY/OPTIONAL situations, while multiplicity values complete the information. Figure 1 indicates that a Health Monitor requires at least one sensor and several subsystems: positioning, configuration and communication systems.

As expressed in Figure 1, the patient's position must be controlled, using a GPS positioning system (when people can walk outdoors and staff needs to know the position) or an indoor alternative (if the patient has limited his/her mobility to the interior of a building). Then, we can use commercial GPS, Cellular towers/WIFI triangulation algorithms, or simply an RFID based displacement control (see [6] for a comparative). Moreover, the system can combine two or more positioning systems to get total flexibility, as the lost of GPS signals can force the alternative module to start.

Naturally, we could design the fully equipped solution for all situations but this is not a good choice if we consider the limits of a PDA or a smart phone where these types of systems are deployed.

The second group of functionality is the set of continuous monitoring capabilities that can be included in the system. The goal is the development of a personal (elderly persons or patients) passive monitoring with minimal intervention by health professionals. Using non-intrusive sensors, the system can gather biological values of

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach 729

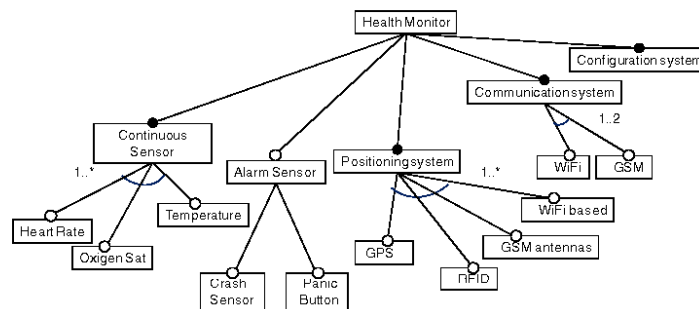


Fig. 1. Feature model of a remote health monitoring system

patients with two objectives: continuous capture of information for treatment control, and online detection of risk situations, dangerous for the patients. Under this supervised system, intervention would be necessary only when parameters achieve some critical values. The number of possibilities is considerable and each parameter requires an exhaustive study of available wired and wireless sensors, the range of parameter values, etc. This is the part of the product line where the collaboration of experts (health professionals in this case) is critical. As an example, some parameters, such as heart rate or oxygen saturation (incorporated into our working prototypes), appear in Figure 1. Apart from continuous monitoring, other eventual situations must be considered. A frequent risk situation in aged people is fall detection, which requires the use of an accelerometer combined with a detection algorithm [3]. Both types of monitoring require an adequate sensor selection. We advocate wireless sensors when possible, as they are less intrusive but wired sensors cannot be discarded. Finally, possibilities to manually raise/cancel an alarm signal must be included in the system.

The role of experts in health care for passive monitoring is essentially the customized system configuration, and the analysis of captured information. Both functions are supervised from a remote central system with Internet access, allowing the ubiquity of the solution. The detection of risk situations is a vital feature of the product line. Instantaneous risk detection can be performed by means of a set of rules that compare the values captured by the different sensors, individually or in an aggregated way with reference values. The weighted sum of several innocuous parameters can indicate a dangerous situation for certain persons. It is then possible to detect a risk situation and report it to the assistance services at once, indicating the type of risk and the location of the patient thanks to the positioning sub-system incorporated in the application.

Mobile and central system intercommunication can be based on Internet (Wi-Fi, or indirectly on 3G) or on the plethora of protocols for mobile phones (CDMA, GSM, TDMA, etc.). The choice of the best option is not easy, and depends on priorities for the application and the performance of available network providers. It will be necessary to choose between advantages linked to mobility, bandwidth, costs, availability,

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

730 M.A. Laguna, J. Finat, and J.A. González

etc. The product line must provide a complete range of solutions, allowing the selection of the most appropriate for each particular product. The security of ubiquitous wireless networks is today similar to that of wired alternatives and must be routinely considered due to the confidential character of the data sent.

Not shown in model of Figure 1, a set of platform related decisions must be taken. Some important differences concern device types (smart or conventional phones, PDAs, etc.) and operating systems (Windows mobile, Symbian, other proprietary systems, etc.). Due to the experience of the development team and the advantages of using the enhanced Visual Studio/FMT platform, the product line is being developed using PDAs and smart phones that support Windows Mobile. The Symbian (or Android) platform combined with Java is a suitable alternative for future products.

3 Technological Aspects

The product line is based on Personal Data Assistants and smart phones, connected through Internet to a database physically located in a remote centralized system. The use of a Services Oriented Architecture provides a general framework for the product line architecture. Web services allow systems to be designed in a modular way in a distributed environment, adhering to standard interfaces using, for example, the Web Services Description Language (WSDL). Users can create systems by reusing and composing Web services, enabling the product line paradigm. Services are modules that users and developers can reuse in various applications by exposing well defined interfaces. For example, the patient position monitoring can be achieved by means of several location mechanisms (in the simplest case, outdoor location, many mobile devices include a GPS facility). But once developed, it is possible to control the location of many other people, including workers and sportsmen in open fields, who can be assisted in accidents or risk situations. Thus, the SOA approach can be reused for other services involving work or leisure activities. Indoor, GPS is not generally available and we are developing alternative or complementary features, based on triangulation algorithms. The general accessibility of telecom antennas and Wi-Fi routers provide suitable possibilities in spite of more imprecise data. In our initial test scenario (a residence for aged people), Wi-Fi is the best election as we can identify the presence of a person in a room using the values of the signals received from a set of IEEE 802.11 routers and pre-mapping the room coordinates [1].

Simple non-intrusive sensors offer the support for continuous monitoring, which can be managed and adapted by non qualified personnel, using precise protocols. The sensor sends the information through a wired or wireless connection to a PDA or mobile phone and, from this device, the information (and alarm signals if needed) to the central system. Nowadays, there is a great variety of commercial non-intrusive sensors, but not too many with wireless technology. Wireless technology is becoming cheaper, and more important, smaller and with less electrical consumption. These features allow sensors to have lower costs of production and use. Bluetooth is probably the best choice, as many devices, including many low cost phone terminals, incorporate it. The connection with the central system can be achieved in two ways: a direct internet Wi-Fi connection (using wireless networks when available, typically in the interior of a residence or hospital) or an alternative connection using internet over

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach 731

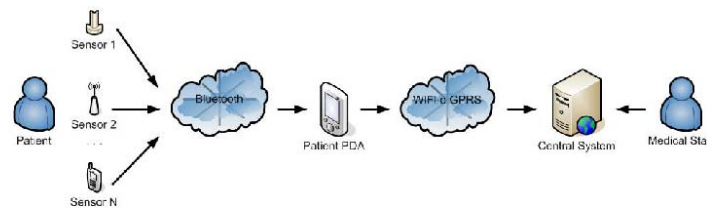


Fig. 2. A general scheme of the health care product line

the 3G mobile phone protocol. The internet protocol allows the parameters obtained by the sensors to be sent every few seconds, as well as alarm raising signals if needed. In this case, the data interchange is carried out using the web services implemented in the central system. Part of these web services are devoted to the configuration and personalization mechanism of the mobile system (it is easier to configure using a desktop workstation). A general view of the system is shown in Figure 2.

So far, the generic architecture of the system has been implemented. The development of the different alternative features is in process, with diverse degrees of availability. The GPS positioning module for integrated devices and Bluetooth/Wi-Fi communication features are implemented. Some health parameters, such as heart rate, have been evaluated and controlled by software modules. Other modules, such as the fall detection sensor, use alternative communication using SMS (covering risk situations when the internet connection is not available), or indoor positioning modules are under development.

The first example of the Remote Health Care product line we have built is a working prototype with the features described below. The hardware configuration is composed of a medium-cost PDA (HTC Touch series) with integrated GPS and several communication systems (Wi-Fi, Bluetooth, GPRS/3G). The sensor used (Figure 3) is a commercial Bluetooth pulsi-oximeter that provides heart-rate and oxygen saturation



Fig. 3. Main form of the application and the pulsi-oximeter sensor

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

732 M.A. Laguna, J. Finat, and J.A. González

values. The software has been developed using C# and the Microsoft Windows Mobile platform and its compact framework. Bluetooth communication is managed using existing libraries².

The architecture fulfills usual constraints relative to customized configuration, the use of Web services for communications between the PDA and the central system, and security in data transmission. Security in Bluetooth transmission is granted by associating the sensor to a unique PDA (password required) during configuration phase. On the other hand, secure Web services are similar to the HTTPS standard.

Some SPL common modules are devoted to customization (linked to characteristics of patients and sensors), characterization of risk situations and associated rules, and remote configuration. The system provides support for continuous monitoring of patients in any (outdoor) location. To prevent failures, the right operation of sensors is verified. If local or remote validations fail, alert signals are raised. Once validated, the sequence of values is analyzed, comparing the read values with the intended range as set by health professionals. A module allows rules to be configured that use customizable calculations to detect risk situations alert. Alarms can be generated in the presence of critical values for original or calculated values, and then this information is sent combined with the last available location to the central system. Locally, the system shows the patient's general state (using a standard color code) and each sensor's data and communication state. It shows if the central system is running normally and if the sensor data is being captured, using dynamic icons.

4 Conclusions and Future Work

In this work the viability of a product line development approach for remote health care monitoring systems has been shown. The diversity of available mobile devices, sensors, parameters, and personalized threshold alarms, advised us to use a product line approach. The use of the transformation mechanisms implemented in the FMT feature tool enables the automated generation of each product from the features configuration inside the Visual Studio platform. Furthermore, the use of this conventional tool avoids the necessity of specific tools and techniques.

In particular, an example of the application of the mobile technology to health care is presented. Using a non-intrusive sensor, the product provides real-time information relative to heart-rate and oxygen saturation parameters combined with positioning data. The identification of critical values for these parameters (and the combination of them) makes the minimization of risks in active patients possible. The aim is to apply this architecture to an ample variety of sensors, opening up the possibility of combining diverse parameters in calculated expressions defined by medical specialists. The product line architecture is based on wireless sensors, mobile devices (PDAs or smart phones) and a set of web services deployed in a central system that saves the concrete configuration and the up-to-date history of each controlled patient. The architecture is intended to support the successive addition of new sensors and software packages. This addition supposes a great amount of pending and challenging work.

² 32feet.NET: <http://inthehand.com/content/32feet.aspx>

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Remote Health Monitoring: A Customizable Product Line Approach 733

Acknowledgments

This work has been partially supported by the Spanish MICYT (AIVI Project, FIT-350101-2006-46, FIT-350101-2007-27, and TSI-020302-2008-89) and the Junta de Castilla y León (project VA018A07).

References

1. Bahl, P., Padmanabhan, V.N.: RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. In: Proceedings of the IEEE INFOCOM 2000 (March 2000)
2. Bosch, J.: Design & Use of Software Architectures. Adopting and Evolving a Product-Line Approach. Addison-Wesley, Reading (2000)
3. Bourke, A., O'Brien, J., Lyons, G.: Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm. *Gait & Posture* 26(2), 194–199 (2007)
4. Clements, P.C., Northrop, L.: Software Product Lines: Practices and Patterns. SEI Series in Software Engineering. Addison-Wesley, Reading (2001)
5. Higginson, I.J., Carr, A.J.: Measuring quality of life: Using quality of life measures in the clinical setting. *BMJ* 322, 1297–1300 (2001)
6. Hochmair, H.H.: PDA-Assisted Indoor-Navigation with Imprecise Positioning: Results of a Desktop Usability Study. In: Map-based Mobile Services. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, vol. XIV, pp. 228–247 (2008)
7. Jovanov, E., et al.: Stress Monitoring Using a Distributed Wireless Intelligent Sensor System. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 49–55 (May 2003)
8. Kang, K.C., Cohen, S., Hess, J., Nowak, W., Peterson, S.: Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study. Technical Report, CMU/SEI-90-TR-21, Software Engineering Institute (Carnegie Mellon), Pittsburgh, PA 15213 (1990)
9. Laguna, M.A., González, B., López, O., García, F.J.: Introducing Systematic Reuse in Mainstream Software Process. In: EUROMICRO 2003, pp. 351–358 (2003)
10. Laguna, M.A., González-Baixauli, B., Corral, J.M.M.: Seamless Development of Software Product Lines: Feature Models to UML Traceability. In: GPCE 2007, Salzburg, Austria (2007)
11. MedApps, <http://www.medapps.net>
12. Object Management OMG. Unified modeling language specification version 2.0: Infrastructure. Technical Report ptc/03-09-15, OMG (2003)
13. Schall, D., Truong, H.L., Dustdar, S.: Unifying Human and Software Services in web-Scale Collaborations. *IEEE Internet Computing*, 62–68 (2008)

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.6 ARTÍCULO “UNA APROXIMACIÓN COMPUTACIONAL AL PEGADO DE FORMAS SIMPLES A LO LARGO DE SINGULARIDADES”

A.Hurtado, J.Finat: “Una aproximación computacional al pegado de formas simples a lo largo de singularidades”. XIII Encuentros de Geometría Computacional, Zaragoza, 29 junio - 1 julio de 2009.

El objetivo fundamental de estos Encuentros es favorecer el contacto entre investigadores del campo de la Geometría Computacional y áreas relacionadas, y difundir sus trabajos más recientes. Los Encuentros están abiertos a cualquier interesado en alguna de las materias relacionadas con la Geometría Computacional y animamos a los participantes a presentar alguna contribución sobre su investigación reciente. Las áreas de interés incluyen (pero no están limitadas a) las siguientes:

- Geometría discreta y combinatoria.
- Aplicaciones de la geometría computacional (programación lineal, gráficos por computador, realidad virtual, robótica, simulación y visualización, modelado de sólidos, CAD, reconocimiento de formas, dibujo de grafos y circuitos, procesamiento de imagen, SIG, animación y multimedia, etc.).
- Algoritmos y complejidad de objetos geométricos.
- Técnicas computacionales e implementación de algoritmos geométricos.
- Estructuras de datos geométricos.
- Polítopos y poliedros.
- Fundamentos teóricos de la geometría computacional.
- Software geométrico.

Una aproximación computacional al pegado de formas simples a lo largo de singularidades

Antonio Hurtado García* Javier Finat Codes†

Resumen

En este trabajo se presenta una aproximación constructiva al problema del pegado en presencia de singularidades para la descripción de objetos sólidos complejos en ausencia de información previa sobre las ecuaciones de las superficies que acotan dichos objetos. Para ello, se sigue una estrategia basada en la identificación de puntos críticos de una función de Morse adaptándola al caso singular discreto. En la Teoría de Morse estratificada, en lugar de pegar células como en la Teoría de Morse para el caso liso, se pegan datos normales y tangenciales de Morse; dicho datos se expresan mediante conos contruidos sobre las singularidades. Los problemas a resolver en el caso discreto son la detección de singularidades (localizadas en puntos aislados y aristas), la asociación de elementos topológicos a las singularidades detectadas (pares de conos sobre células) y la identificación de los fenómenos de propagación ligados a algunos tipos básicos de singularidades que aparecen en la discretización de la superficie que acota el borde los objetos. Los objetos considerados proceden del escaneo de esculturas ó de huesos del esqueleto.

1 Introducción

Existe un número creciente de repositorios de objetos digitales $3D$ que son accesibles en la red. Ello ha motivado una atención creciente a problemas de Reconocimiento de objetos $3D$ desde finales del siglo XX (ver [10] para una primer estado del arte). Los objetos Y que se consideran en este trabajo son sólidos en el espacio cartesiano \mathbb{R}^3 . Para simplificar supondremos que el borde $\partial Y = X$ del sólido es una superficie compacta conexa orientada de género topológico arbitrario g ; el género topológico se puede interpretar como el número de agujeros ó de asas de la superficie X que acota el sólido Y . En la práctica, sólo se dispone de información digital sobre cada objeto Y ó su borde X que está descrita en términos de nubes de puntos $3D$ (procedentes de dispositivos de rango, como los escáneres $3D$), en términos de mallas (habitualmente triangulares) asociadas a estas nubes de puntos ó como modelos lisos a trozos (representaciones del borde para PS-modelos); actualmente, no se conoce ningún procedimiento óptimo general para el mallado de objetos $3D$ con topología arbitraria. Denotaremos mediante $X^{(d)}$ al modelo discreto de X y mediante $X^{(PL)}$ (resp. $X^{(PS)}$) al modelo lineal (resp. liso) a trozos correspondiente a una triangulación asociada a $X^{(d)}$ (resp. a colecciones adyacentes de superficies lisas); cada uno de estos objetos supone elegida una resolución procedente de un muestreo de los datos originales que, por el momento, no se considera para no complicar más la notación. Este trabajo sólo considera algunas relaciones entre el modelo discreto $X^{(d)}$ y el PL-modelo $X^{(PL)}$ obtenido por medio de una malla triangular asociada a la nube de puntos capturada por escaneos de X . Para facilitar el pegado de las PL- y PS-estructuras asociadas a nubes de puntos es necesario diseñar una estrategia para modelos de propagación que sea compatible con la presencia de singularidades en el borde de las regiones. La Teoría de Morse Estratificada proporciona un marco general para un pegado de información utilizando aproximación discreta que se desarrolla en otro trabajo complementario [5].

Los objetos del mundo real no son variedades lisas y los modelos asociados a dichos objetos presentan aristas y puntos singulares; por ello, inicialmente se trata de variedades analíticas que suponemos definidas por polinomios. Para resolver el problema del pegado, hay que restringir el tipo de "patologías" que pueden presentarse. Para empezar sólo se consideran singularidades sencillas aisladas (el

*antonio.hurtado.garcia@gmail.com

†jfinat@agt.uva.es

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

vértice de un cono, p.e.) ó singularidades genéricas correspondientes a puntos múltiples ordinarios, es decir, singularidades que aparecen al realizar una proyección general desde un punto; la justificación de esta restricción procede de los objetos reales y del punto de vista del observador que se modela como una proyección genérica. Como en las aristas ó puntos singulares no está definido el plano tangente, es necesario reemplazar el espacio tangente en un punto liso por el *cono tangente* en un punto singular. Asimismo, es necesario adaptar los métodos descritos al caso digital discreto (ver [14] para un primer survey).

El "control" del comportamiento en el entorno del punto singular requiere identificar los datos tangenciales y normales, y un control de su variación en el entorno de puntos singulares. Existen diferentes criterios de control que intuitivamente afectan a condiciones de incidencia relativas a "elementos" (líneas ó planos) secantes y tangentes, y sus duales. Así, p.e., en el entorno de un punto de inflexión para una curva plana hay una alternancia entre una región cóncava y otra convexa que se traduce en la anulación de la segunda derivada; esta condición se puede expresar en términos de un cambio de orientación del vector normal ó bien en términos de la posición relativa de la superficie con respecto a las cuerdas que aproximan las rectas tangentes desde el punto de vista discreto. La expresión en términos de datos normales es más natural desde el punto de vista computacional, pero la envolvente de las normales (cáustica ó superficie canal) *siempre* presenta singularidades; en el caso más simple de una elipse, la cáustica tiene forma de envoltura de caramelo con dos nodos y cuatro cúspides. Habitualmente, se elude este problema imponiendo la condición de "simplicidad" (sin auto-intersecciones) para las poligonales ó politopos resultantes y suprimiendo las componentes que quedan fuera; esta solución es inconsistente e impide obtener la forma original a partir de la envolvente.



Figura 1: Nube de puntos procedente de escaneo

Una de las áreas de aplicación más importantes del problema del pegado en 3D es la clasificación de objetos sólidos, que incluye técnicas de hallazgo de contenido, etiquetado, indexación y clasificación. Este área aún sigue presentando un gran número de problemas abiertos en Matemáticas y en el diseño e implementación de los algoritmos correspondientes ([15]). Desde el punto de vista del modelado, en este terreno confluyen un gran número de técnicas procedentes de las Topologías Geométrica y Diferencial, de la Geometría Diferencial y de los Sistemas Dinámicos. En todas estas técnicas aparecen problemas de "pegado" que afectan a propiedades topológicas (en términos de células), diferenciales (en términos de curvaturas y conexiones) y en términos de modelos de propagación (espacial ó Fourier 3D). La Teoría de Morse proporciona un marco general para la transferencia de información entre estas diferentes aproximaciones, pero es necesario extenderla al caso singular. Por ello, la especificación del pegado en presencia de singularidades es una componente importante de la clasificación de objetos 3D, de cara a especificar estrategias generales de Reconocimiento para los objetos Y en términos de las superficies X eventualmente singulares que los acotan. El problema del Reconocimiento de objetos digitales 3D desde finales del siglo XX se ha abordado según diferentes enfoques que, en buena parte, extienden estrategias similares para el Reconocimiento de objetos en vistas digitales 2D; ambas participan del mismo esquema: extracción de hechos, reconocimiento a bajo nivel, etiquetado, indexación, pegado y clasificación. Las estrategias de extracción de hechos utilizan diferentes técnicas de barrido (dominios espacial y frecuencial) para evaluar propiedades ligadas a la apariencia visual (imponiendo condiciones de invariancia sobre haces de rayos p.e. [15]), estimadores de la forma (para momentos ó variedades cordales, p.e. [13]), propiedades ópticas (variación en las sombras), propiedades del contorno aparente (siluetas, profundidad, estimación del volumen ó aproximación mediante vóxeles), características de la

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

señal (en términos de la FFT ó de armónicos esféricos [7]). En este trabajo se supone realizada la extracción de hechos y la identificación (al menos visual) de las patologías concernientes a los cambios en propiedades geométricas (concavidad ó convexidad), limitándonos a algunos aspectos relacionados con la estimación de curvaturas (total y media) de la superficie que acota el objeto en relación con el problema del pegado.

Una vez extraídos hechos significativos es necesario "pegarlos" en objetos más complicados. El "pegado" requiere conocer las características de las componentes, las relaciones entre componentes (enfoque estructural) y el papel que juega cada componente (enfoque funcional). Por ello, la aproximación semántica al problema del Reconocimiento de Objetos 3D distingue tres fases ([1]) etiquetadas como geométrica (extracción de hechos), estructural (identificación de hechos como componentes y de las relaciones entre componentes) y funcional (papel desempeñado por las componentes dentro de un objeto global). El problema del pegado de componentes se aborda desde enfoques muy diversos que concierne a propiedades diferenciales, integrales [4] ó procesos de propagación sobre modelos discretos (aún pendiente de desarrollar, debido a los problemas que plantea la implementación de los diferentes tipos de flujos sobre superficies). Este trabajo se limita a algunos aspectos relacionados con el pegado basado en propiedades diferenciales de superficies suaves a trozos, es decir, en presencia de singularidades aisladas ó a lo largo de aristas eventualmente curvilíneas.

En el marco topológico más general, las componentes son células k -dimensionales, es decir, conjuntos topológicamente equivalentes a espacios cartesianos y el pegado se resuelve mediante procedimientos de adjunción de células. Una forma efectiva de representar dicha adjunción en el marco diferencial (Teoría de Morse) está dada por modelos de propagación controlados por el campo gradiente; en este caso, el agrupamiento de curvas de máxima pendiente en cilindroides (topológicamente equivalentes a cilindros con sus meridianos y paralelos) proporciona el soporte para el pegado de células. Las células se visualizan como subconjuntos de discos y el pegado se realiza a través de cilindroides (cilindros curvilíneos); una estimación de superficies esféricas y cilindros con aplicaciones a la Arquitectura (procedentes de escaneos 3D de bóvedas) se puede ver en [6]. En presencia de singularidades, las curvas integrales del campo gradiente (antes meridianos de un cilindroide) pueden colapsar a un punto ó presentar una arista cuspidal a lo largo de una curva, p.e.. Por ello, hay que estratificar previamente la variedad (atendiendo a las singularidades) en términos de datos normales y tangenciales, y reemplazar la descomposición celular estándar en Teoría de Morse por una descomposición en conos construidos sobre pares de células. Los detalles técnicos presentan cierta complejidad ([5]). Este trabajo está enfocado a mostrar cómo reemplazar los meridianos y paralelos (líneas de máxima y mínima variación del campo gradiente) del caso liso por la noción diferencial correspondiente al caso discreto que son las "bandas superficiales" asociadas a las líneas de curvaturas principales. Las bandas superficiales permite extender el procedimiento de pegado al caso de objetos digitales singulares, al menos para las singularidades más sencillas. Estas tareas y su implementación computacional han sido llevadas a cabo en [9] con una especial atención al caso de conos, pues proporcionan las piezas básicas para abordar el "pegado" de datos tangenciales y normales para el caso singular.

El resto del trabajo está organizado como sigue: La sección 2 está enfocada a mostrar algunas nociones de interés para el caso liso, mostrando algunos problemas relacionados con su discretización. En la sección siguiente se muestra una aproximación al problema de describir la "aparición" de las superficies que acotan los objetos en términos de una segmentación volumétrica basada en la detección de regiones cóncavas y convexas. La información métrica ligada a una versión discreta de las curvaturas media y total se aborda en la sección cuatro, donde se presenta una estimación de las curvaturas principales a partir de la forma canónica de Monge. Por último, se muestra una aplicación de las construcciones descritas a la reconstrucción de objetos 3D mediante una extensión al caso digital de algunos elementos básicos de Teoría de Morse Estratificada.

2 Marco conceptual: algunas restricciones para el Reconocimiento

Para superficies compactas conexas sin borde en \mathbb{R}^3 , el reconocimiento topológico se realiza en términos de la Teoría de Morse para el caso liso ó bien de la Teoría de Morse Estratificada para el caso no-liso ([5]). Aún no existe una teoría similar para el caso discreto estratificado. La Teoría de Morse permite reconstruir variedades lisas con una topología complicada a partir de la adjunción de células en puntos

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

críticos y la propagación del campo gradiente a lo largo de líneas de máxima pendiente. Para una hipersuperficie X definida localmente por $f(\underline{x}) = 0$, la clave para el pegado de células radica en el control de la variación del espacio tangente mediante la identificación de puntos críticos del campo gradiente $grad(f)$ que representa el vector normal en el punto $\underline{x} \in X$. En el caso discreto no se tiene ninguna información sobre ninguna ecuación local f de la hipersuperficie X ; por ello, la propagación sólo puede tener lugar sobre la PL- ó la PS-estructura asociada a la superficie X que acota el objeto Y . La propagación se define habitualmente en términos de operadores diferenciales; las PL-estructuras no verifican la condición de "suavidad" a lo largo de las aristas.

Para objetos digitales, el diseño e implementación del Reconocimiento es "activo", es decir, se basa en una interacción que debe combinar el barrido, la extracción y el tratamiento de la información; es preciso diseñar e implementar el tipo de interacción con las nubes de puntos 3D que permita extraer y analizar la información. La recuperación de la forma original del objeto (como lugar de puntos) se realiza a partir de datos tangenciales ó datos normales; en general, las envolventes de ambos datos tienen singularidades. Desde un punto de vista local, los datos tangenciales son intrínsecos y, por tanto, controlan el comportamiento en un punto de la superficie. Los datos normales son extrínsecos, es decir, dependen de la inmersión y están ligados al comportamiento local de todas las curvas que pasan por el punto. Desde el punto de vista diferencial, las curvaturas total y media en cada punto de la superficie proporcionan una medida de la variación de los datos tangenciales y normales, respectivamente. Por ello, es necesario diseñar e implementar algoritmos que permitan estimar dicha variación a partir de datos extraídos en modelos digitales. Una primera cuestión no trivial es la elección del operador diferencial más apropiado para representar los procedimientos de búsqueda en el entorno de cada punto a lo largo de todas las direcciones posibles sobre las curvas que pasan por el punto. Para imágenes 2D es bien conocido que el campo gradiente privilegia las dos direcciones coordenadas para la extracción de bordes, por lo que se reemplaza por el operador de Laplace (rotacionalmente invariante). El comportamiento local de una superficie en \mathbb{R}^3 en el entorno de un punto no es rotacionalmente simétrico (depende de las curvaturas en el caso liso ó del tipo de singularidad), el operador de Laplace sobre una superficie arbitraria tiene un formalismo matemático más complicado que el operador de Laplace para el plano y los procesos de propagación responden a diferentes tipos de flujo (elíptico, hiperbólico ó parabólico) vinculados a una segmentación de la superficie por el tipo de curvatura. Debido a limitaciones de espacio, es imposible abordar los problemas anteriores. Por ello, a pesar del carácter incompleto y no-intrínseco de la aproximación realizada, en este trabajo se adopta un enfoque clásico ligado a la descripción de las curvaturas principales, relegando la elección del operador diferencial y los correspondientes fenómenos de propagación para una publicación posterior.

En los modelos discretos procedentes de nubes de puntos 3D no se tiene ninguna información sobre las ecuaciones locales y, en consecuencia, sobre la localización de cambios en las características de los hechos, incluyendo eventualmente singularidades para las variedades ó las aplicaciones que proporcionan modelos para la forma y sus transformaciones. Dichos cambios deben ser estimados a partir de propiedades de las PL-estructuras superpuestas. Algunas dificultades adicionales proceden de fases tempranas de procesamiento ó del análisis a bajo nivel de la información procedente de los hechos extraídos. En relación con la fase temprana del procesamiento, algunos problemas a destacar son la significación de la nube (nivel de muestreo de la información), del punto de vista del observador (solapamiento visual de regiones), de los umbrales permitidos (propagación en las direcciones normales para detección temprana de singularidades); asimismo y a diferencia del caso de vistas 2D hay que tener presente que la información digital está dispersa, es decir, la mayor parte de los vóxeles adyacentes a uno dado están vacíos, es decir, no hay información sobre la función de intensidad definida, por lo que el diseño de filtros es bastante más complicado. Es necesario construir una malla triangular y evaluar la viabilidad de un proceso de rellenado en términos de la variación de curvaturas, en ausencia de información analítica sobre la superficie.

Una vez construida una malla triangular, es posible desarrollar la fase de análisis, teniendo presente que las conclusiones dependen fuertemente de factores externos como el carácter incompleto de la información, la resolución ó las irregularidades en la distribución de la nube de puntos. El análisis está orientado a proporcionar información sobre Reconocimiento a bajo nivel. En ausencia de información sobre las ecuaciones de la superficie ó de funciones definidas sobre X , el Reconocimiento de objetos sólidos requiere identificar y conectar componentes que puedan ser asimiladas a modelos geométricos "significativos"; la significación afecta en este caso a la evaluación de características cualitativas (como la concavidad ó convexidad) ó cuantitativas (como las curvaturas y su variación) de las regiones. Para

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

fixar ideas, llamamos *componente* a una unión maximal conexa de regiones con características comunes relativa a propiedades geométricas (concavidad ó convexidad) ó diferenciales (curvatura total del mismo tipo). Llamamos *segmentación* de Y (resp. X) a una descomposición en unión disjunta de componentes Y_i (resp. X_i) que pueden ser subconjuntos (segmentación topológica) ó subvariedades (segmentación como variedad). El *Reconocimiento de objetos* llevado a cabo en este trabajo desarrolla un enfoque constructivo para algunas propiedades de tipo diferencial a trozos que sean computacionalmente implementables. El análisis de la apariencia geométrica (concavidad vs. convexidad) y la Teoría de Morse proporcionan el marco conceptual para el enfoque constructivo y se abordan en las dos secciones siguientes.

3 Geometría de las Apariencias: Estimación de la concavidad

Las "apariencias" corresponden a los aspectos externos ligados a la *percepción visual*; por ello, se trata de una aproximación extrínseca, es decir, que depende de la inmersión del objeto en el espacio y de la localización relativa del observador con respecto al objeto. Así, por ejemplo, desde el punto de vista de un observador interno al objeto, las concavidades representan las regiones que están curvadas hacia dentro, (intuitivamente están "rehundidas"); en términos diferenciales el paso de una región convexa a una cóncava (ó viceversa) se traduce en el cambio de signo de la curvatura seccional de una curva contenida en la superficie; intuitivamente, el objeto planar ó volumétrico pasa a estar "del otro lado" del espacio tangente, comportamiento que está controlado por la geometría de los elementos normales (rectas/planos para el caso liso, conos para el caso singular).

El objetivo de esta sección es mostrar procedimientos para estimar la concavidad/convexidad local en el entorno de un punto P de una superficie X a partir de la PL-información asociada a las nubes de puntos. La concavidad ó la convexidad de regiones de una superficie son *propiedades intrínsecas*, es decir, no dependen del sistema de coordenadas elegido. En el caso diferenciable, las condiciones de concavidad ó convexidad se expresan en términos de la posición relativa de una curva plana C con respecto a (una estimación) su línea tangente $t_P C$ ó de una superficie X con respecto a (una estimación de) el plano tangente $T_P X$. Para la mayor parte de los objetos reales, sólo se dispone de datos discretos aislados; en nuestro caso, sólo se tienen nubes de puntos a diferentes resoluciones y con una distribución irregular. En particular, no se dispone de ecuaciones locales y el coste computacional de calcularlas (usando diferentes tipos de splines, p.e.) puede ser elevado; por ello, hay que aproximar los elementos geométricos (rectas/planos) tangentes mediante elementos discretos (segmentos/triángulos) secantes y calcular los cambios de posición del objeto con respecto a los elementos discretos próximos.

Estrategias de acotación La Geometría Computacional proporciona una batería de herramientas para formalizar la percepción visual. Siguiendo una estrategia de refinamientos sucesivos (coarse-to-fine), el tratamiento de la información para PL-modelos se aborda a partir de

1. *Acotación tosca* del objeto 2D/3D en una caja rectangular con lados/caras ortogonales; para ello, se realiza una búsqueda de puntos que presentan una coordenada extrema y se eligen rectas/planos paralelos a los ejes/planos coordenados que encierran el objeto.
2. *Envoltura convexa*: Es el mínimo conjunto convexo que contiene al objeto (intersección de todos los convexos que le contienen).
3. *Envoltura visual*: Intuitivamente corresponde a la forma maximal que es consistente con todas las siluetas.

Acotaciones recursivas La acotación tosca descrita en el primer apartado se puede refinar mediante la utilización recursiva de quadrees/octrees que subdividen la caja seleccionada inicialmente suprimiendo las células rectangulares vacías. Los pasos a dar son los siguientes:

1. Realizar una subdivisión recursiva de la célula 2D/3D por un sistema de ejes/planos rectangulares, introduciendo un subíndice adicional para indicar el paso de la recursión.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

2. Etiquetar las células como vacías(E) ó llenas(F) según que haya información "significativa" (por encima de un umbral) relativa a puntos ó segmentos.
3. Para cada orientación rectangular, generar un mapa de barras 2D/3D que es un subdiagrama del quadtree/octree correspondiente a las células llenas.
4. Intersecar las orientaciones rectangulares correspondientes a los diferentes mapas de barras.

De este modo, se obtiene un *mapa 2D/3D de super-píxeles/-vóxeles* que facilita la gestión de la información. Este procedimiento es un primer paso para la generación de representaciones 3D a partir de varias cámaras. Proporciona una simplificación de escenas reales de utilidad para interacción dinámica en entornos complejos. Una implementación eficiente es el primer paso para el video 3D.

Envolvente Convexa y tratamiento de la concavidad El cálculo de la envolvente convexa permite acotar el rango de búsqueda de propiedades significativas para el objeto. En este trabajo, para el cálculo de la envolvente convexa se ha utilizado CGAL 3.3.1. No obstante, la envolvente convexa suprime todas las regiones cóncavas, lo cual no es coherente con las apariencias del objeto que se manifiestan como oclusiones parciales, p.e. Además, para objetos volumétricos complejos, la envolvente convexa suprime los "agujeros" por lo que no se ajusta a la percepción visual humana. La detección automática de la convexidad en 3D y, por consiguiente de la concavidad, está recibiendo una atención creciente ([2] para un estado del arte y los resultados más recientes en este área). Habitualmente, se define una región cóncava como la que no es convexa; esta definición es de poca ayuda para objetos generados a partir de información discreta. A diferencia de los algoritmos eficientes para calcular la envolvente convexa, la definición anterior no proporciona algoritmos para la estimación de propiedades de las regiones cóncavas. La definición de la *concavidad* como la diferencia entre el volumen de la envolvente convexa y el "verdadero" volumen del objeto (dada en [2]) es de poca utilidad, pues supone conocido el "verdadero" volumen del objeto, algo que habitualmente se desconoce. Una estimación del volumen del objeto puede calcularse usando herramientas topológicas asociadas al volumen de todas las "frangas" (rebanadas sólidas) no vacías comprendidas entre dos isolíneas; es conveniente seleccionar varias direcciones con respecto a las cuales calcular los mapas de bandas respectivos y sus correspondientes volúmenes franjas sólidas).



Figura 2: Isolíneas calculadas sobre un cono

Una región cóncava está separada por dos regiones convexas. En relación con esta cuestión, se han implementado los procedimientos siguientes:

1. *Inicialización*: Seleccionar una región del espacio 3D con candidatos a zonas cóncavas teniendo en cuenta discontinuidades (es decir, "agujeros" que no corresponden a agujeros del objeto) de las mallas debidas a oclusiones parciales
2. *Construcción de triángulo secante*: Cada terna de puntos no-alineados P_0, P_1, P_2 genera el triángulo $conv[P_0, P_1, P_2]$ secante que es el soporte del plano secante $s_{012} = \langle P_0, P_1, P_2 \rangle$.
3. *Construcción de Direcciones en el espacio de planos secantes*: Dos ternas de puntos no-alineados P_0, P_1, P_2 y P_1, P_2, P_3 adyacentes (no necesariamente coplanarias) determinan una dirección $\ell_{0123} = (1-t)s_{012} + ts_{123}$ ó línea dentro del espacio de planos secantes.
4. *Identificación de planos bitangentes*: Un estimador para planos bitangentes viene dado por las intersecciones no-vacías de pares de familias disjuntas uniparamétricas de direcciones no vacías dentro del conjunto de líneas construidas sobre el espacio analítico que parametriza los planos secantes.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Obviamente, el punto más delicado es el último. Para obtener una implementación robusta, es necesario identificar "franjas sólidas" que jueguen el papel de sistemas coordenados rectangulares adaptados a la superficie del objeto. La distribución espacial de los datos es muy irregular y no cabe esperar puntos que estén a la "misma altura" para generar de forma automática curvas de nivel para un valor fijo de altura; por ello, las curvas de nivel lisas se reemplazan por "poligonales de nivel aproximado" en las que se enlazan puntos digitales situados en una franja modulo un umbral de tolerancia para la función altura aproximada. Llamamos *banda superficial* a la unión de triángulos comprendida entre dos "poligonales de nivel aproximado". Llamamos *franja sólida* a la porción del espacio limitada por dos bandas superficiales. La construcción de las bandas superficiales permite estimar la concavidad ó la convexidad local en relación con la posición relativa de los elementos triangulares de superficie con respecto a los planos cordales (como estimación del plano tangente). Asimismo, la evaluación de la continuidad en la adyacencia entre componentes permite caracterizar y localizar las patologías relativas a discontinuidades para el soporte (malla ó superficie) ó singularidades para las aplicaciones definidas sobre dicho soporte.

4 Geometría Diferencial: Estimación de curvaturas

La noción más fina relativa a la forma de un objeto corresponde a la(s) curvatura(s). La curvatura proporciona invariantes intrínsecos pues caracteriza de forma única a la superficie en cada punto. Por tanto, la caracterización en términos de la curvatura permite comparar y "alinear" regiones para estimar si dos objetos son comparables ó no. De ahí el interés en estimar las curvaturas; el cálculo de las curvaturas está basado en propiedades métricas de la superficie. En el caso discreto, como sólo se dispone de una nube de puntos que presentan una distribución irregular, el mapa de curvaturas presenta habitualmente un elevado nivel de ruido que es necesario corregir. Sería deseable contar con procedimientos de regularización, pero el diseño e implementación para superficies en \mathbb{R}^3 no es elemental. El diseño del procedimiento de regularización debe equilibrar la información procedente de la curvatura total (con soporte en cada punto), con la curvatura media (con soporte en un un pequeño entorno del punto). El primer paso consiste en mostrar un procedimiento para estimar la curvatura a partir de datos discretos; para ello, se adopta un enfoque clásico:

La forma más intuitiva (Meusnier) de tratar la curvatura consiste en seleccionar el vector normal a una superficie M en $p \in M$ y considerar el haz uniparamétrico de planos H_α que contienen al vector normal \mathbf{n}_p ; los valores extremos para las curvaturas de las curvas planas $H_\alpha \cap M$ son las curvaturas principales κ_1, κ_2 de M en el punto p . Este procedimiento es muy intuitivo pero no es intrínseco. K.F.Gauss desarrolló un procedimiento intrínseco que consiste en introducir dos formas cuadráticas que miden la aproximación del plano tangente con respecto a la superficie (primera forma fundamental I) y la variación de dicho plano tangente (segunda forma fundamental II). Los valores propios correspondientes al polinomio característico de II son las curvaturas principales. La forma local de una superficie M en un punto p está unívocamente caracterizada por la curvatura media $\kappa_m = \frac{1}{2}(\kappa_1 + \kappa_2)$ y la curvatura total $\kappa_t = \kappa_1 \kappa_2$. La estimación de las curvaturas principales de la superficie X se realiza mediante un procedimiento de interpolación adaptativa con parámetros seleccionables por el usuario a partir de las formas canónicas de Monge para los jets de orden bajo. Para ello, se elige un punto arbitrario $p \in X$ con una referencia formada por dos vectores en el plano tangente y otro vector unitario en la dirección normal. En este caso, la superficie se puede representar como una función vectorial $z(x, y) = J_{B,d}(x, y) + h.d.t.$ donde

$$J_{B,d}(x, y) = \sum_{j=0}^d \sum_{i=j}^0 \frac{B_{j-i,i} x^{j-i} y^i}{i!(j-i)!},$$

siendo d el grado del polinomio de $J_{B,d}$ que se calcula como el desarrollo de Taylor (d -jet) de la función z . Fuera de los puntos umbilícos, donde las curvaturas principales son idénticas, las direcciones principales \mathbf{d}_1 y \mathbf{d}_2 están bien definidas, y junto con el vector normal \mathbf{n} , definen un sistema ortonormal directo. Si \mathbf{v}_1 es un vector unitario de dirección \mathbf{d}_1 , existe un único vector unitario orientado \mathbf{v}_2 tal que $(\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{n})$ es directo; el otro posible eje orientado sería $(-\mathbf{v}_1, -\mathbf{v}_2, \mathbf{n})$. Estos sistemas de coordenadas reciben el nombre de sistema de coordenadas de Monge (ver figura 3) La forma canónica de Monge de la

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

superficie X esta dada por

$$z(x, y) = \frac{1}{2}(\kappa_1 x^2 + \kappa_2 y^2) + \frac{1}{6}(b_0 x^3 + 3b_1 x^2 y + 3b_2 x y^2 + b_3 y^3) + \frac{1}{24}(c_0 x^4 + 4c_1 x^3 y + 6c_2 x^2 y^2 + 4c_3 x y^3 + c_4 y^4) + h.d.t.$$

siendo κ_i y κ_2 las curvaturas principales, b_0 y b_3 las derivadas direccionales de κ_1 y κ_2 a lo largo

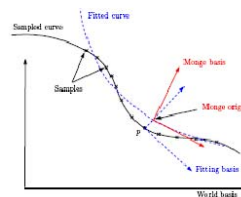


Figura 3: Sistema de coordenadas de Monge

de sus líneas de curvatura respectivamente, y b_1 y b_2 las derivadas direccionales de κ_1 y κ_2 a lo largo de sus otras líneas de curvatura. El algoritmo de cálculo tiene 4 pasos:

1. Análisis de componentes principales (PCA) sobre P^+ . Con este análisis, conseguimos los 3 autovectores ortonormales, y los autovalores asociados. La base consiste en esos 3 vectores. El vector asociado al menor autovalor es el último vector de la base
2. Se realiza un *cambio de coordenadas* del sistema original al sistema centrado en el punto p donde se hace la estimación. Después se reordena para interpolar (o aproximar) al *d-jet* de la superficie X en este sistema de coordenadas. Este polinomio de 2 variables reduce el problema a operaciones lineales de álgebra.
3. A partir del *d-jet*, se obtiene la *base de Monge* ($\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{n}$)
4. Obtener los coeficientes de Monge: κ_i, b_i, c_i

Una vez estimadas las curvaturas principales κ_1 y κ_2 , se calculan las curvaturas media κ_m y total κ_t . El procedimiento de regularización para el mapa de curvaturas comentado más arriba afecta a los puntos de la nube que son los vecinos más próximos al punto sobre el que se pivota. La búsqueda de estos puntos próximos se realiza sobre los vértices de los triángulos contenidos en las bandas superficiales que pasan por el punto pivote; en particular, la estimación de las curvaturas principales se realiza sobre las bandas superficiales para las cuales la variación del campo gradiente es extremal (máxima ó mínima). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto una "estabilidad local" de los valores correspondientes a las curvaturas media y total a lo largo de las franjas horizontales y verticales, tal y como cabía esperar. Actualmente, se trabaja en la comparación de los resultados obtenidos por este método con otros métodos descritos en la literatura

5 Elementos de Teoría de Morse Digital para el pegado

La Teoría de Morse es un área de la Topología Diferencial que trata de recuperar la forma de los objetos a partir de la información sobre los puntos críticos correspondientes a funcionales definidos sobre una variedad lisa M . Los funcionales más frecuentemente utilizados son de tipo potencial (la función altura, p.e.), una distancia (habitualmente la euclídea, p.e.) y un funcional de energía (que se puede expresar en términos de la curvatura, p.e.), según un orden de complejidad creciente. La interrelación entre todas ellas es uno de los tópicos más interesantes de la Topología en la segunda mitad del siglo XX. La utilización de la función altura se traduce en la recuperación de la topología de la variedad a partir

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

del solapamiento de las curvas de nivel $f^{-1}(r)$ donde $r \in \mathbb{R}$ es un valor regular de la función potencial altura $f : M \rightarrow \mathbb{R}$; esta técnica es de uso frecuente en Imágenes Biomédicas (Tomografía ó Resonancia Magnética, p.e.). Los cambios en la topología de las curvas de nivel determinan la forma de la variedad; en particular, las curvas de nivel correspondientes a valores regulares comprendidas entre dos valores críticos son topológicamente equivalentes. Esta condición de trivialidad topológica permite construir "cilindroides" que conectan las células que se insertan para cada punto crítico y que proporcionan, por consiguiente la clave para el "pegado".

En el caso discreto, en lugar de una variedad lisa M se tiene una PL-superficie X (en el mejor de los casos una PS-superficie); para calcular invariantes locales, se ha reemplazado más arriba la noción de curvas de nivel por la noción de "bandas superficiales" (cadenas conexas de triángulos comprendidas entre curvas de nivel). La trivialidad topológica para las curvas de nivel comprendidas entre dos valores críticos se traduce en una equivalencia topológica entre las bandas superficiales que permite construir franjas sólidas con forma de cilindroide ó de conoide para facilitar el "pegado" de objetos con una topología compleja. Las contribuciones más importantes en el terreno de la Topología Computacional relacionada con la Teoría de Morse digital conciernen al diseño e implementación de algoritmos para algunas relaciones entre propiedades locales y globales típicas de la Topología Diferencial, tanto para el caso liso como para el caso estratificado (Teoría de Morse). Estas contribuciones incluyen

- *Obtención de Franjas* Diseño e implementación del análogo discreto a las isolíneas, reemplazándoles por "franjas" con bordes lineales a trozos dados como unión de triángulos de una malla.
- *Transversalidad entre franjas*: Mapas de isolíneas horizontales y verticales (mutuamente transversales) atendiendo a una versión discreta de la función altura y del campo gradiente, respectivamente.
- Cálculo del número de componentes conexas correspondientes a las franjas.

En lugar de considerar "bandas superficiales" arbitrarias, sólo se consideran *bandas principales*, es decir, correspondientes a las direcciones curvilíneas para las cuales la variación de las estimaciones de las curvaturas principales son extremas; para fijar ideas, etiquetamos a las cadenas de triángulos correspondientes como *bandas verticales* (máxima variación) y *bandas horizontales* (mínima variación). Algunos casos extremos de gran interés desde el punto de vista de la Reconstrucción explícita mediante pegado son los siguientes. a) una banda vertical se puede colapsar a un punto en las proximidades de una singularidad de tipo cónico (en este caso, la curvatura total deja de estar definida en el vértice del cono); b) la variación de la curvatura puede ser la misma a lo largo de las dos direcciones (versión discreta de los puntos umbílicos), lo cual ocurre a lo largo de aristas curvilíneas correspondientes a dobleces de la superficie. Los detalles técnicos presentan una cierta complejidad, pero en [9] se muestran procedimientos para el cálculo de las "franjas" que presentan una variación extremal (mínima o máxima) de las curvaturas. De este modo, se obtiene una representación 2D adaptada al soporte lineal a trozos asociado a la nube de puntos y superpuesto al objeto original.

Actualmente, se están desarrollando aplicaciones relacionadas con los puntos anteriores, incluyendo una voxelización adaptativa a la geometría de objetos volumétricos que tenga en cuenta las variaciones en características de las apariencias (procedimientos de "excavación" para regiones cóncavas basadas en el dominio espacial de la señal) y en características globales de los mapas de curvaturas (Voronoi pesado para la segmentación del soporte utilizando curvaturas).

6 Conclusiones

En este trabajo se han presentado modelos y algoritmos para el pegado de datos tangenciales y normales para objetos eventualmente singulares a partir de información discreta soportada por nubes densas de puntos procedentes de escaneos y mallas triangulares superpuestas. Para integrar y gestionar las herramientas desarrolladas, se ha diseñado e implementado la plataforma software RAS (Recognition of Appearance and Shape). Esta plataforma incluye funcionalidades para la estimación de datos geométricos ligados a la Geometría de las Apariencias (estimación de la concavidad), la Geometría

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Diferencial de Superficies (estimación de curvaturas principales) y evaluación de las patologías (caracterización y localización de discontinuidades) dentro del contexto de la Geometría Computacional y que pueden ser considerados como una extensión natural de funcionalidades presentes en CGAL 3.3.1. Asimismo, se han desarrollado módulos que mejoran algunas funcionalidades más propias de la Informática Gráfica, orientadas hacia la mejora de la gestión de la información contenida en las mallas, dependiendo de la distribución en la nube de puntos y los mapas de normales unitarios asociados; estas mejoras conciernen a la *Detección de Patologías* en relación con la identificación de discontinuidades en las mallas y evaluación en términos de características topológicas (conexividad) ó de defectos en los procedimientos de adquisición. Por último, se ha iniciado una extensión de la Teoría de Morse Digital al caso estratificado con el análisis de las piezas básicas (conos sobre datos tangenciales y normales) para los modelos discretos ligados a nubes densas de puntos procedentes de escaneos de objetos 3D.

Referencias

- [1] AIM & SHAPE: <http://www.aimatshape.net/>
- [2] M.Attene, M.Moratar, M.Spagnuolo and B.Falcidieno: "Hierarchical Convex Approximation of 3D Shapes for Fast Region Selection", Technical Report, Genova, 23 Maggio 2008.
- [3] <http://www.cgal.org/> Computational Geometry Algorithms Library V3.3.1
- [4] P. Daras, D. Zarpalas, D. Tzovaras, and M.G. Strintzis: "Shape matching using the 3D Radon transform". In *3D Data Processing, Visualization and Transmission*, 2004. 3DPVT 2004, 953-960, 2004.
- [5] J.Finat and A.Hurtado: "Stratified Morse Theory and Shape Recognition", preprint, 2009.
- [6] J.Finat, A.Hurtado, et al: "A systemic approach for 3D Recognition of simple primitives in discrete models", *The Intl. Arch of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, Sabry-El-Hakim and F.Remondino (eds), ISSN 1682-1777, 2009
- [7] T.Funkhouser, P.Min, M.Kazhdan, J.Chen, A.Halderman, D.Dobkin, and D.Jacobs: "A search engine for 3D models", *ACM Trans. Graph.*, 22(1), 83-105, 2003.
- [8] M.Hilaga, Y.Shinagawa, T.Kohmura, and T.L. Kunii: "Topology matching for fully automatic similarity estimation of 3D shapes". In *Proc. 28th annual conf. on Computer graphics and interactive techniques*, 203-212, ACM Press, 2001.
- [9] A.Hurtado García: "Reconocimiento de la Apariencia en la Forma", Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Informática, Universidad de Valladolid, Febrero 2009.
- [10] A.J.Jain and C.Dorai: "3D object recognition: Representation and matching". *Statistics and Computing*, (10):167-182, 2000.
- [11] M.Kazhdan, T.Funkhouser, and S.Rusinkiewicz: "Rotation invariant spherical harmonic representation of 3D shape descriptors" in *Proc of the Eurographics/ACM SIGGRAPH symposium on Geometry processing*, 156-164, Eurographics Association, 2003.
- [12] M. Kortgen, G.J.Park, M. Novotni, and R. Klein: "3D shape matching with 3D shape contexts", *The 7th Central European Seminar on Computer Graphics*, April 2003.
- [13] E. Paquet, A. Murching, T. Naveen, A. Tabatabai, and M. Rioux: "Description of shape information for 2D and 3D objects", *Signal Processing: Image Communication*, vol 16, 103-122, 2000.
- [14] R.C Veltkamp: "Shape matching: Similarity measure and algorithms", *Proceedings Shape Modeling Intl*, 188-197, 2001.
- [15] D. V. Vranic and D. Saupe: "3D model retrieval". *Proc Spring Conference on Computer Graphics 2000(SCCG2000)*, Budmerice, Slovakia, may 2000.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.1.7 ARTÍCULO "CONSTRUCTORS OF GEOMETRIC PRIMITIVES IN DOMAIN ONTOLOGIES FOR URBAN ENVIRONMENTS"

J.Finat, F.J.Delgado, R.Martínez, J.J.Fernández, J.I.San José and J.Martínez: "Constructors of Geometric Primitives in Domain Ontologies for Urban Environments". COST UCE Action C21 Urban Ontologies for an improved communication in UCE projects – TOWNTOLGY. Lieja, Belgium, March 2009.

El principal objetivo de COST C21 Action es incrementar el conocimiento y promover el uso de ontologías en el dominio de Proyectos de Ingeniería Urbana Civil, para facilitar las comunicaciones entre sistemas de información, partes interesadas y especialistas UCE a nivel europeo.

Constructors of Geometric Primitives in Domain Ontologies for Urban Environments

J.Finat ^{1,2}, F.J.Delgado ¹, R.Martínez ¹, J.J.Fernández ², J.I.San José ² and J.Martínez ²

¹ MoBiVA Group, Lab 2.2, Scientific Park, 47011 Valladolid, Spain

² Laboratory Architectural Photogrammetry, ETS Arquitectura, 47014 Valladolid University of Valladolid, Spain

Abstract

A sustainable urban environment requires an integration of documentation and management systems in surveying and planning applications for different kinds of services involving services and processes. Traditional GIS approaches are geo-referenced to 2D information or, more recently, to a virtualized environment arising from the reprojection of textured views on 3D models. In this work, a tool for extracting dominant planes from dense 3D range information is applied for the automatic identification of structural elements (façades, ground and roofs) and their automatic labelling in terms of data of dominant planes. This tool is integrated inside the software platform UvaCad.

The constructor of urban geometric primitives is given as a generator of 3D chains corresponding to the grouping of maximal planar quadrilaterals with "similar properties" for the normal unit vector. As a by-product, one has a semi-automatic volumetric segmentation of small urban environments as support for the development of a Domain Ontology in urban environments. Our methodology is illustrated with some examples corresponding to small villages and typical central squares (Plaza Mayor) of old Spanish cities.

1. Introduction

Urban or architectural surveying, spatial planning and simulation of interactions in complex environments present increasing requirements involving knowledge representation with respect to a well-defined and robust model. Robustness arises from geometric data and it is linked also to the automatic elimination of outliers from the computational viewpoint. An accurate geometry provides a robust support for advanced visualization, including functionalities such as navigation, inspection and interactive simulation of possible interventions. Simultaneously, the information exchange between different experts and reuse of implicit information on augmented 3D models require to solve interoperability issues between different resources with a large heterogeneity for data and metadata of 3D objects. Information reuse in repositories of 3D urban objects must be solved in a semantic framework relative to domain, tasks and/or users to different LoD. This issue poses general problems (see [4], [7] for "old" references or [14] for more recent results).

It is necessary to design a multilevel and multipurpose software platform able of integrating data, actions and behaviours with their functionalities and constraints (involving goals, roles and agents), and solving the interoperability issues. The integration of modeling and software tools for design, simulation, execution and management of urban resources is an ambitious program which is still far from being achieved. There exists a general agreement about the need of developing a semantic framework for accomplish this program, but there is still the need of developing software tools for processing, analyzing and exchanging information about different kinds of modeling and data treatment. The formalization of urban modeling is a relatively recent area with

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

important contributions in the procedural framework ([8], [5]) or, more recently, in the semantic framework ([12], [13]).

The main challenge is the design and implementation of an integrated 3D information model for urban environments. The pioneering work of T.Kolbe [6], and his collaborators is a reference work in this domain with important contributions of other R& D groups ([1]). The Open Source Software platform CityGML (www.citygml.org/) provides a modular approach for integrating surveying, planning and simulating interventions, and with several applications in technological domains. CityGML provides a hierarchical support for integrating every kind of spatial and non-spatial features in a common framework. CityGML is organized following a semantic approach for making easier the interoperability between different sources, tasks and knowledge domains. In this work a special attention is paid to semantic aspects related to Domain Ontologies for Urban Environments.

A *Urban Domain Ontology* concerns to the modeling of urban domains and knowledge about individuals and their relations in their spatial context. The logical support for urban modeling consists of objects and/or concepts, and their properties and relationships which are managed from a logic viewpoint involving attributes in measurable fields (geometric and radiometric properties usually, or in vector and raster data following the usual GIS terminology). Knowledge about relationships and individuals in a spatial context must be translated to interfaces used for generating and communicating knowledge following predicate or descriptive logics involving physical objects. A city is not only a set of buildings, not even can be reduced from the symbolic viewpoint to a network with nodes, paths and zones. The understanding of spatial delimitation is important for functionalities and uses which very often are historically and socially determined, and this involves to relations between different agents which must be translated in terms and logical rules.

A crucial aspect for linking objects and concepts concerns to the design and implementation of software tools for semi-automatic Recognition of georeferenced data. Digital inputs arise from 2D views or 3D representations of volumetric objects. Low- and mid-level Recognition from discrete data follow clustering principles with agglomerative (bottom-up, merging) and divisive (top-down, splitting) strategies. Constructors are nearer to agglomerative strategy from unstructured information, whereas descriptors would be nearer to the identification of attributes (radiometric properties, .e.g) or parameters (numerical data, .e.g) of basic elements which can be found in already available models. Constructors and descriptors are focused towards the construction of a generative grammar for urban environments. Obviously, the solution of this problem depends on the scale. For large scale, a very interested contribution for automating the generation of urban models from aerial skew photography (levels 1 and 2 in the terminology of CityGML) in terms of a constructive grammar following like-fractal models can be seen in [9]. Our work takes a different viewpoint because the inputs arise from range-based information arising from a laser scan device Ilris 3D (Optech). It is mainly focused towards a very limited class of constructors linked to piecewise-linear (PL- in the successive) modeling for boundary surface representations (BSP). Inputs for our modeling arise from merging discrete clouds of points captured with a Laser scan Ilris 3D (Optech).

Some issues regarding to computer implementation of Domain Ontologies including constructors and abstractors remain still open. Both issues are meaningful for Semi-Automatic Recognition and for management of domain ontologies, also. Constructor and abstractor operators are in some sense conjugate between them; they are strongly related to agglomerative and divisive approaches in regard to the physical support linked to a urban GIS. Traditional aspects arising from usual GIS (with their spatial hierarchies organized in different thematic layers) are semantically integrated as a physical support for the development of interactions involving similar functionalities, in despite of their morphological diversity. In this work, we restrict ourselves to specifying relations between vector data of a 3D GIS for buildings and their representation in terms of different geometric representations. Inputs arise from laser scanning and digital cartographic support for urban environments. Some cadastral applications have been developed for conservation interventions of urban neighbourhoods in small villages of Palencia (Spain). A related work can be found in [10]

A large number of old cities in Western Europe are articulated around squares as bounded spaces for organizing activities between individuals in a spatial context. The Plaza Mayor of Valladolid (Spain) is a paradigm because it plays an important role as institutional and political centre from 13th century, and it has been taken as model for designing a large number of squares between 16th and 18th centuries, not only in Spain, but also in Latin America; thus, we have paid some attention to this example (more details in [2] from a GIS viewpoint). Irregularities in old towns are disappearing by modern urban re-design, but they are ubiquitous in smaller villages with vestiges of Renaissance style which are superimposed to an irregular network (sometimes with Arabian influence); to illustrate them, we have included some examples arising from the scanning of historical centre of several small villages of Palencia (Spain), with a semi-automatic detection of dominant

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

planes and boundary surfaces for representing complex objects linked to larger urban spaces (squares, blocks). Our range-based method is explained in [3].

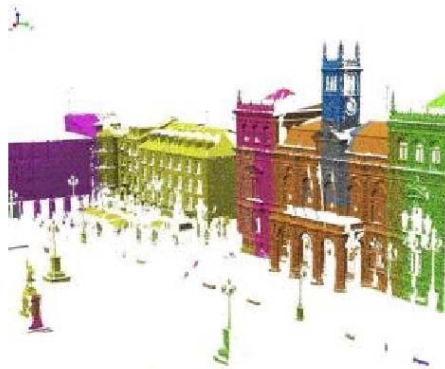


Figure 1: Pasting dense point clouds.

This paper is organized as follows: Section 2 is focused towards the presentation of some generalities about the application of Ontologies for urban environments. Section 3 deals with the method performed for extracting dominant planes. Section 4 involves to the construction of intermediate geometric entities (connected polygonals of dominant planes) which are meaningful for bounding urban environments (streets, blocks). Some remarks about designing schemata and populating ontologies are developed in section 5. A brief description of an experimental set-up is presented in the section 6. The paper ends with an exposition of work in progress and challenges for the next future.

2. Generalities about Ontological approach

Morphological urban diversity and the functional heterogeneity involving different agents performing complex tasks require a semantic approach with well specified ontologies for domain, agents and tasks. Following T.R.Gruber, an Ontology is a specification of a conceptualization. This specification can be formulated in different frameworks which involve knowledge fields as diverse as philosophy (a logical language for connecting different services and interaction modalities) or engineering approaches (software design and implementation).

Representations of physical space, relations between different agents and evolving complex systems provide a support for the interplay between GIS, logic and engineering approaches to Urban Ontologies. A first demarcation involves to the specification of lexicon, Thessauri and taxonomies for each Ontology. The specification of appropriate Lexicon and Thessauri for urban environments is being successfully accomplished in the framework of [11]. Thessauri add relations between acknowledged concepts belonging to lexicon. Rules involving such relations are usually verified in an interactive way by validating logical predicates, including uncertainty aspects which are characteristic of human knowledge. Thus, Thessauri and taxonomies include functionalities (relations and operators) of a semantic approach, and must be inserted as an independent module of the database relative to the physical spatial support. The design and implementation of software tools for intelligent identification of such functionalities is a challenge for the next future.

More formally, a *semantic framework for geometric objects* appearing in *urban environments* concerns to specifying the *three levels* of an ontology for urban spaces:

- a *lexicon* given by basic geometric primitives (including dominant planes and simple quadrics, e.g.);
- *thessauri*, i.e. acknowledged vocabularies and relations between terms involving to urban spaces; and
- a *taxonomy*, i.e. a set of rules with the specification of logic types for management of roles played by "urban spaces" (streets, or squares, e.g.)

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

The most difficult part concerns to the specification of taxonomies. Troubles arise from two sources: There are two types of logic (propositional and descriptive), and we have not still a well-defined and commonly accepted geometric linguistic for the logic verification of assertions in terms of relators and constructors. Due to this limitation for finding semi-automatic solutions for formalizing our knowledge, most solutions introduce beacons on the scene or tags on data for solving recognition issues (manual labelling, usually).

The articulation between the above three levels must be hold in different types of ontologies involving the domain (urban typologies, mainly), tasks to be performed (surveying, planning, visualizing, modifying, consulting, extracting information) and different kinds of involved users (professionals, civil administration, business or services stakeholders, citizens, etc). The articulation holds at different levels and in terms of different "events" linked to the interaction.

The automatic generation of Domain Ontologies requires solve Recognition problems from digital support involving 2D views or 3D representations of volumetric objects as independent of user as possible. Recognition problems have a long history in Computer Vision with a feedback between bottom-up and top-down approaches. Query, retrieval, indexing and classification are the main stages for Recognition problems, but there is no still a satisfactory solution for complex objects such that those appearing in urban scenarios. Thus, it is necessary to restrict Recognition to a low number of (geometric or radiometric) primitives which can be grouped in more complex objects to be merged by means of clustering strategies depending on topological (adjacency, proximity, continuity), radiometric (similar grey intensity levels) or geometric (colinearity, coplanarity) constraints.

The application of segmentation and clustering techniques has allowed identify 2D zones, extract and enhance 1D boundaries and close polygons linked to objects appearing in digital 2D cartography or aerial photography of urban zones. All these data are exported to the 0th level of CityGML and labelled as meaningful data. The same techniques are applied to extract data in orthoviews of façades with a similar strategy for the automatic extraction of simple 2D primitives with their corresponding vector and raster data. These data are projected on 3D models by using the UvaCad software platform for the information insertion on 1st and 2nd levels of CityGML on a toy 3D model. Unfortunately, we have not still enough fine software tools for the automatic identification of simple geometric primitives appearing in buildings (columns, e.g.) in terms of their functionalities or their structural role.

3. Semi-automatic detection of dominant planes. Local aspects.

The structural role of some components is better understood in terms of simple geometric 3D models, which can support higher resolution models by reprojecting views on 3D models. In this work, accurate discrete 3D models are generated from range information captured with the Ilris 3D laser scan of Optech. The color and additional details arising from high resolution views is reprojected on the resulting dense cloud of points by means of simple geometric transformations between orthoviews and conveniently oriented clouds of points; this solution has been implemented in the framework of UvaCad software platform. A recent extension of this solution allows identify dominant planes in an automatic way. The estimation of dominant planes is performed by constructing a triangulation and by grouping adjacent triangles with a similar unit normal vector, up to a threshold which can be selected by the user.

A dominant plane is the support for a maximal connected planar region (not necessarily simply connected) with a total surface higher than a threshold fixed by the user; most of such planar regions are (unions of coplanar) quadrilaterals with holes corresponding to elements not belonging to the plane or shadows for the scanning (arising from partial occlusions, .e.g). In urban scenes, unions of coplanar quadrilaterals support the visible part of façades, roofs or ground, which are labelled with usual attributes introduced in CityGML. Currently, most of attributes are manually inserted. Only, labels relative to façades, roofs or ground are automatically generated.

Selection of main direction for dominant planes is performed by voting procedures for the list of normal unit vectors linked to a triangulation superimposed to the cloud of points. The distribution of normal unit vectors to the triangles is far from being uniform in the unit sphere. Indeed, there are a finite number of local maxima whose typical (modal) values correspond to dominant planes. So, a) normal unit vectors corresponding to façades are distributed along the equator; b) normal unit vectors corresponding to the ground are concentrated in the North Pole, up to streets with meaningful slopes; c) normal unit vectors corresponding to roofs are distributed along a parallel of the spherical representation whose typical slope depends on climatic or cultural aspects.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

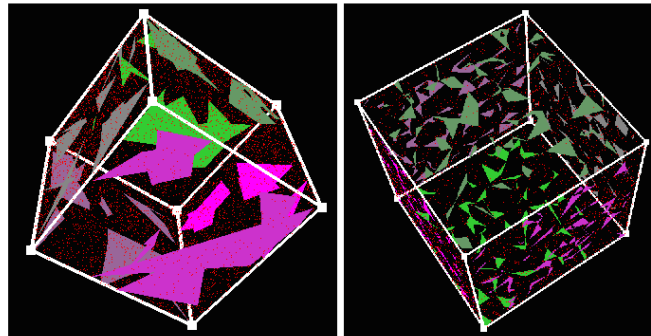


Figure 2: Different resolution for dominant planes detection in a cube (100 pts. and 600 pts.).

Irregularities (due to the relative orientation or the reflectance variability, e.g.) or even discontinuities (due to partial occlusions, e.g.) in spatial distributions of clouds of points are a source of uncertainty for the automatic generation of 3D models. Thus, we have developed a coarse-to-fine methodology able of identifying coarse models even when one has only a "soup of triangles" for a well-defined geometric structure. Coarse models correspond to simple geometric primitives (parallelepipeds, spherical or cylindrical components, e.g.), whereas fine models are linked to an estimation of curvatures from discrete clouds of points. For illustrating the developed method, a visualization of dominant planes corresponding to dominant planes of a cube is displayed in the next figure. Our application labels faces and draws theoretical edges corresponding to the intersection of adjacent faces.

Dominant planes in urban environments provide a support for façades, ground and roofs, which are modelled as an union of 3D large quadrilaterals not simply connected (i.e. with holes corresponding to windows, doors, cornices, etc), whose boundaries are given as the intersection of dominant planes with nearest triangles. The visible part of the façade is not necessarily a quadrilateral. However, for automatic identification of structural elements and for simplifying their computer treatment, it is convenient to replace the visible part of the bounding surface by a quadrilateral Q_i . The quadrilateral Q_i can be obtained by a small modification of the algorithm based in the detection of extreme points for convex hulls. Depending on the package corresponding to the normal unit vector N_i , each quadrilateral is automatically labelled with a superindex:

- (f) (façade) if the third component of N_i is null (up to a threshold)
- (g) (ground) if the first and second components of N_i are null (up to a threshold)
- (r) (roof), otherwise.

Automatic labelling is a crucial step for generating chains of elements belonging to the same type, and it allows recovering and managing street façades as a whole, e.g.. The selection of transversal sections to a cloud of points allows the automatic management in terms of 2D information. Next example is linked to a very narrow street of a small village (Paredes de Nava, Palencia, Spain), where one can select in an interactive way the allowed maximal number of façades (3 in this case) for obtaining a polygonal where each segment represents the normal section of a façade. Small irregularities w.r.t. dominant planes are detected and displayed in order to correct the initial selection.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

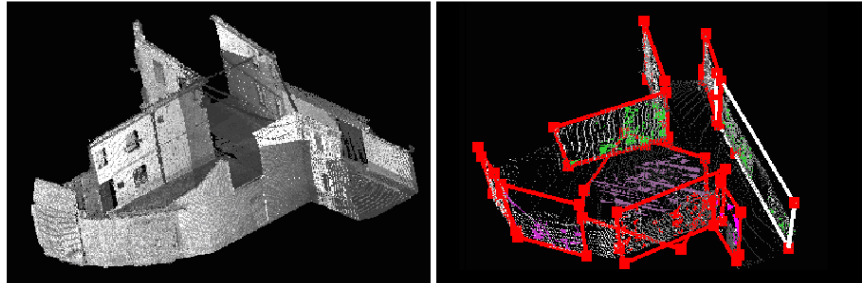


Figure 3: Polygonal representation of a continuous facades in a Place. Becerril de Campos, Palencia, Spain.

Furthermore, there exists a smart option which avoids the manual selection of the allowed maximal number of façades: it suffices to connect extreme ends of the polygonal by means of a segment $s_{0N} = \overline{P_0P_N}$ and evaluate the orthogonal distance of intermediate vertices P_i w.r.t. the added segment. If the distance $d(P_i, s_{0N})$ is higher than a threshold, then replace the segment s_{0N} by the polygonal obtained connecting vertices P_0, P_i, P_N . An easy iteration gives an improved polygonal.

Often, it is not possible the scan of roofs, but data arising from aerial photography can be inserted in an interactive way, by selecting an adequate number of control points. By merging maximal parallelograms linked to adjacent façades, we construct a closed 3D polygonal of façades which extends the usual 2D information based in digital cartography with high accuracy (error less than 2 cm for scale 1:100). This approach is compatible with multiresolution approaches. Global management is performed in terms of octrees. This solution has been applied to 4 small villages of Palencia (Spain) with some vestiges of Civil Renaissance buildings.

4. Merging dominant planes.

Symbolic representations for taxonomies.

Automatic Detection of Dominant Planes provides a collection Q of quadrilaterals Q_i with adjacency relations. Hence, an adjacency graph G is associated to the collection Q of quadrilaterals. In the adjacency graph G each quadrilateral Q_i corresponding to a dominant plane DP_i is represented by a node n_i ; each segment $Q_i \cap Q_j \neq \emptyset$ of two quadrilaterals corresponds to the edge e_{ij} of the graph G . Each edge is labelled with two superindexes of the collection $(f), (g)$ or (r) depending on the label façade, ground or roof linked to labelling procedures described in the above section. A priori, the graph would contain cycles, but due to incomplete information some edges could be absent. Polygonal of planes with similar characteristics are symbolically represented by maximal connected subgraphs of the adjacency graph G whose nodes are labelled with the same superindex $(f), (g)$ or (r) . The Fig.4 displays a collection of façades belonging to the same tortuous street of Paredes de Nava (Palencia, Spain).

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

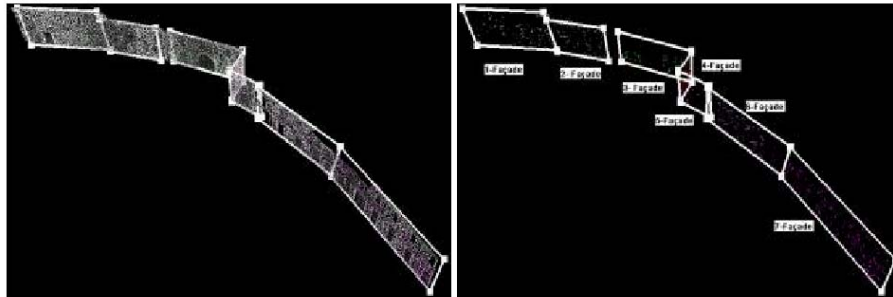
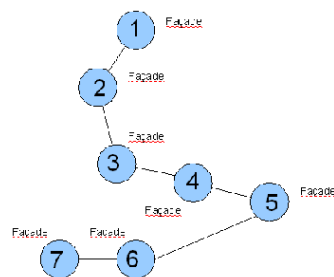


Figure 4: Recognition and automatic labelling of planes in the streets of Paredes de Nava, Spain.



Often the adjacency graph is not necessarily connected, not even for small urban environments. This can be due to thresholds for radiometric information (non-bounded extremes of streets or doors of country yards are not conveniently detected, e.g.) or to geometric considerations (self-occlusions, incomplete information about roofs or the ground, e.g.). The Fig.3 illustrates both troubles.

To solve these troubles, it is convenient to introduce a spatial or volumetric hierarchy obtained by cutting out the original cloud C of points. A regular spatial hierarchy is obtained from the superposition of an octree on the cloud C of points. In view of the large amount of information from original clouds, visualize sampled information of the whole cloud for each cell of the octree, only. However, by selecting the appropriate option in the menu, it is possible to increase the resolution for each octree cell. The recursive information management slows down the execution, but increases the performance of our application. The generation of polygonal of dominant planes corresponding to the street façades or surfaces bounding blocks allows to introduce an adaptive and more "natural" hierarchy attending to structural urban elements, by generating small pieces of a spatial network where urban complex primitives inherits their characteristics from bounding surfaces in an automatic way.

5. Designing schemata and populating ontologies

Specific vocabularies for each knowledge domain provide the lowest level of ontologies corresponding to a typical lexicon; it is commonly managed in terms of relational database involving different kinds of multimedia documents. Labelling of multimedia documents supports the application of different kinds of representations for data semantic. We have used RDF (Resources Description Framework) for information maintenance by means of a relational binary representation. We have initially applied to disperse Cultural Heritage goods in rural environments. In this case, we have populated this ontology by the manual insertion of tags according to Dublin Core Standards. The reuse of already existing DB for achieving a conceptual framework is performed by using local agents. For developing a simple collaborative environment for documentation of strongly damaged vestiges

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

of Cultural Heritage in rural environments. Limitations of inheritance procedures for traditional RDF are solved by the introduction of RDF schemata. However, a simultaneous searching of descriptions and RDF schemata requires a declarative language whose implementation is still in progress for this domain.

Having in mind cadastral applications for local administrations, we have developed an extended 3D Information System in a collaborative framework where several experts can perform different consultations, update information and generate reports according to access protocols. The simplest level for information management is performed in terms of relational database with an extensible collection of terms and relations from users. In this way, we obtain a mid-level structure for the domain ontology. The resulting methodology is being applied to conservation and restoration tasks in isolated buildings (cathedral of Leon), where several instances (General Direction of Cultural Heritage) or individuals (experts in conservation or restoration) insert terminological definitions which are very useful for populating the corresponding domain ontology. However, persists some ambiguity relative to the use of objects as concepts or, alternately, as things. Currently, labelling is performed in a manual way according to an extensible vocabulary on the 3D Information System PINTA (Processing INformation SysTems for Architecture) which has been also developed by the DAVAP cluster.

The current version of the multiplatform software PINTA is focused towards isolated buildings, and it provides a support for collaborative work of experts working on different layers with a common vector reference. Update and revision of daily information can be performed in a remote way, and the organization in different layers allows a remote revision and the insertion of simulated solutions (using VR tools which are being incorporated to UvaCad). To make easier the information management linked to PINTA, a limited lexicon has been used for illustrating the reaching of this 3D Information System. This choice is justified by the need of development of robust solutions for generating the automatic association of labels to objects detected in 3D models arising from discrete clouds of points. The inherent ambiguity of traditional semantic approaches is avoided by taking as reference a hierarchy of 3D Geometric models for each level analysis.

6. Experimental set-up

Two sensitive parameters in the detection of dominant planes are the chosen resolution for the cloud of points and the tolerance relative to the deviation from a typical value for unit normal vectors. Due to irregularities in the distribution of clouds of points, for detecting dominant planes, it is convenient to work with redundant information; so, for simple geometric primitives (planes, spheres, cylinders, e.g.) it suffices to take some hundreds of points which can be obtained from several sampling procedures based in brute force (decimation) or smart (RANSAC or IMPsAC) algorithms. Tolerance (between 0 and 1) determines the granularity of the estimated plane; a very low tolerance generates too many non-meaningful planes due to noise, whereas a very high tolerance includes many different planes in only one, by losing meaningful information. In our examples, the value 0.04 has been chosen as the most appropriate for the information relative to dominant planes for houses of villages of Palencia. In our application, it is possible also to select the maximal number of triangles, and voting procedures impose strong limitations on the maximal number of dominant planes. This method has been applied to isolated houses, street façades, and blocks of houses.

If the cloud has lesser than 50.000 points the "soap-of-triangles" method combined with a search of nearest neighbours (managed with octrees) provides a collection of dominant planes in less than one second in a Core 2 Duo 2.0 GHz. For larger clouds, the performance is worse; so for instance, for one hundred thousand points with six thousand triangles, our processor spends almost five seconds.

7. Work in Progress and Challenges

Nowadays, we are developing the appropriate interfaces for linking our processing tools with CityGML modules involving the Appearance, Building, and CityObjectGroup as the most meaningful models for levels 1 and 2 where we are working on (see CityGML UML diagrams). In the mid-term, the main trouble is linked to the design and implementation of appropriate taxonomies for populated Ontologies. Nevertheless the persistence of irregularities in façades (ornamental details in towers or cornices) and roofs (dormer windows in attics, e.g.) are not easy to recognise in an automatic way, and requires still a high degree of interaction from user.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

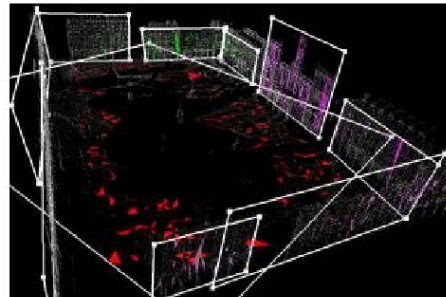


Figure 5: Plaza Mayor Valladolid reduced by 1 point for 0.5 m. Automatic recognition is difficult for complex facades.

Design and implementation of taxonomies for urban environments concerns to the automatic extraction of structural elements and their automatic labelling depending on the functional role. An extension of PINTA to urban environments instead of isolated buildings of cultural interest is in development, currently.

8. Conclusions.

Semi-automatic Recognition requires the capability of relating structural elements of buildings with their meaning in urban context. Semi-automatic character corresponds to an interactive selection of parameters relative to resolution, tolerance and number of planes, e.g. In this work, we have developed a method for extracting and grouping dominant planes from sparse clouds of points without additional reference to cartographic information, according to levels of proximity and information coherence of small urban environments. Our application allows to obtain information about structural elements of buildings and blocks in regard to their urban environment (streets and squares, mainly) which are represented by means of a 3D graph. The modular design of our application for the detection and grouping of dominant planes allows the adaptation to almost every urban environment, and its integration in any application related to management of architectural information. Furthermore, it is possible to add raster information (textures or roofs from ortho- or skew views), and export the resulting data to geometric formats compatible such as those used in CityGML or X3D.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Acknowledgements

This work is partially supported by the "Proyecto Singular Estratégico PATRAC (Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras)", PS-380000-2006-2 of the Spanish Ministry of Science and Innovation and by the AIVI (Ambientes Inteligentes para la Vida Independiente) project TSI-020302-2008-89 of the Spanish Ministry of Industry.

References

- [1] L.Emgård & S.Zlatanova: "Design of an integrated 3D information model", Preprint 2006.
- [2] J.Finat, L.M.Fuentes, J.Martinez, J.J.Fernandez, J.I.Sanjose, L.M.Garcia, V.Garcia: "A MIMO approach for the information management of squares in historical urban centres", CIPA Symposium, Lisboa 2004.
- [3] L.M.Fuentes, J.Finat, J.J.Fernandez: "Using Laser Scanning for 3D urban modeling", UDMS 2006 25th Urban Data Management Symposium, Aalborg, Denmark, 2006.
- [4] Guarino N.: "Formal Ontology in Information Systems", In Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, 3-15, 1998.
- [5] G.Kelly, H.McCabe: "A Survey of Procedural Techniques for City Generation", ITB Journal, 2007.
- [6] Kolbe, T. & Gröger, G. 2003. Towards unified 3D city models. Proceedings of the ISPRS Comm. IV Joint Workshop on "Challenges in Geospatial Analysis Integration and Visualization II2 September 8-9, 2003 in Stuttgart
- [7] Kuhn, W.: "Ontologies in Support of Activities in Geographic Space", International Journal of Geographical Information Science, Vol 15, Nº7, 613-631, 2001.
- [8] Y. I. H. Parish and P. Muller: Procedural modeling of cities. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001, pages 301-308. ACM, 2001.
- [9] R.Saleri Lunazzi: "Urban and architectural 3D fast processing", 9th Intl conf. on generative art, Italy (2006)
- [10] Stoter, J., and van Oosterom, P.: "Technological aspects of a full 3D cadastral registration". International Journal of Geographical Information Science, Volume 19, Number 6, July 2005, pp. 669-696(28), 2005
- [11] <http://www.towntology.net>. 2007-02-13
- [12] J.Teller, A.K.Keita, C.Roussey and R.Laurini, "Urban Ontologies for an improved communication in urban civil engineering projects ", Cybergeog, Sélection des meilleurs articles de SAGEO 2005, article 386, mis en ligne le 11 juillet 2007, modifié le 31 août 2007. URL : <http://www.cybergeog.eu/index8322.html>. Consulté le 26 novembre 2008.
- [13] J.Teller, J.R. Lee, C.Roussey (Eds.): "Ontologies for Urban Development. Studies in Computational Intelligence", Vol. 61 Springer-Verlag 2007, ISBN 978-3-540-71975-5.
- [14] Zlatanova, S. and Prosperi, D. (eds.), Large-scale 3D data integration—Challenges and Opportunities, Taylor and Francis, London, 2006

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

3.2 PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

En este apartado se describen todas las ponencias presentadas a congresos, jornadas y seminarios, que han sido aceptadas para su presentación, tanto de aquellos que ya se han realizado, como de los que están pendientes de realizarse durante 2009.

3.2.1 PONENCIAS EN CONGRESOS REALIZADAS

Las ponencias realizadas en el marco del congreso organizado (ver 3.3), no se adjuntan debido a que el entregable E6.2 se encuentra centrado en el 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.

- BUSTAMANTE Montoro, Rosa; MORENO Dopazo, Pablo. (2009) La accesibilidad física e intelectual en los itinerarios de visita a los edificios históricos. En 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.
- DEL MORAL Ávila, Consuelo; BECHINIE Von Lazan, Laura. (2009) *Identificación de recorridos accesibles en el centro histórico de la ciudad*. En 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.
- DEL MORAL Ávila, Consuelo; DELGADO Méndez, Luís. (2009) *La implementación de la accesibilidad universal en los edificios de patrimonio histórico, EPH: Metodología de representación gráfica*. En 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.
- EGUSQUIZA, Aitziber; BIERE Arenas, Rolando. (2009) *ACC3DE 2.0: Herramienta inteligente para el diagnóstico y el apoyo a la toma de decisiones para la accesibilidad en el patrimonio*. En 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.
- QUERALTÓ i Ros, Pau; PUCCI, Barbara; GARCÍA Almirall, Pilar. (2009) *Metodología para la explotación de datos escáner laser terrestre en estudios de accesibilidad física al patrimonio arquitectónico*. En 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.
- VALERO Martínez, M; BELDA Lois, JM; NATIVIDAD Vivó, P; ZAMORA Álvarez, T; POVEDA Puente, R. (2009) *Accesibilidad al patrimonio urbano y arquitectónico: barreras físicas y virtuales*. En 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, CTV. Barcelona. España.
- A.González, J.Finat and M.A.Laguna: "Non-intrusive sensing for PDA-based assistance of elderly persons", 7th European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM), Sophia Antipolis France, 10-12 September 2008.
- Javier Finat, and Antonio Hurtado: "Isosurfaces for Shape Estimation from 3D Discrete Information", Ponencia en SAGA Workshop, Castro Urdiales (Cantabria, España), Noviembre 2008.
- J.Finat, F.J. Delgado del Hoyo, R.García, Juan.J.Fernández $\$^{2}\$, J.I.San José Alonso $\$^{2}\$, J.Martínez Rubio: "Obtención semi-automática de elementos estructurantes en pequeños entornos urbanos: Hacia una integración de UvaCad y CityGML" V Congreso Internacional "Ciudad y Territorio", Mesa Temática 2:$$

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Entornos virtuales de ciudad y territorio: Integración SIG y modelos de alta definición, Barcelona, Junio 2009.

- J.Finat, D.González-Lasala, A.Hurtado: “Un enfoque semántico para mejorar la eficiencia energética en edificios: Extendiendo CityGML para integración e interoperabilidad”, V Congreso Internacional "Ciudad y Territorio", Mesa Temática 3: Medio ambiente, energía y sostenibilidad: Aplicaciones en arquitectura y urbanismo”, Barcelona, Junio 2009.
- J.Finat, F.J. Delgado del Hoyo, R.García, A.Hurtado: “Hacia la gestión integral del acceso físico y virtual a bienes de interés cultural: modelos y herramientas software” (Conferencia invitada), V Congreso Internacional "Ciudad y Territorio", Mesa Temática 6: Accesibilidad al Patrimonio urbano y arquitectónico: barreras físicas y virtuales”, Barcelona, Junio 2009.
- Miguel A.Laguna, J.Finat. Jose A.González: “Remote Health Monitoring: A customizable Product Line Approach” International Workshop of Ambient Assisted Living 2009 (IWAAL'09), Salamanca, Junio 2009.
- A.Hurtado y J.Finat: “Una aproximación computacional al pegado de formas simples a lo largo de singularidades”, XIII Encuentros de Geometría Computacional, Zaragoza, Julio 2009.

3.2.2 PONENCIAS EN CONGRESOS Y JORNADAS PENDIENTES DE REALIZAR

Las ponencias en congresos y jornadas pendientes de realizar se detallan a continuación:

- BARBERÀ, R; BELDA-Lois, JM; VALERO, M; POVEDA, R; ZAMORA, T; MORA, D; SOLER, C; ÁVILA, C. (2009) *To know and to conserve the heritage, matching rights and needs! Contribution of new pavements*. En AAATE 2009 Conference. Inclusion between past and future. AT from adapted equipment to inclusive environments. 31 de agosto al 2 de septiembre de 2009. Florencia. Italia.
- GARRIDO, Roberto; EGUSQUIZA, Aitziber; MARAMBIO C, Alejandro; DEL MORAL Á, Consuelo. (2009) *ACC3DE: Escaneado Láser y Realidad Virtual para el Diagnóstico de Accesibilidad de Entornos de Patrimonio Histórico*. En JOREVIR 2009. 7 de septiembre de 2009. Barcelona. España. (3ª edición que se desarrolla como workshop dentro del congreso INTERACCIÓN'2009)

3.3 ORGANIZACIÓN DE UN CONGRESO

3.3.1 INTRODUCCIÓN

Como se había previsto en la propuesta, el **Centro de Política de Suelo y Valoraciones**, **CPSV**, de la UPC, organizó el **5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, 5CTV**, que se desarrolló en la Sala de Actos del Colegio de Arquitectos de Cataluña, COAC, Barcelona, cuya fecha de realización inicialmente programada fue retrasada a los días 02, 03 y 04 de junio de 2009, y cuyo tema general fue **"Estrategias de transformación y gestión de la ciudad; perspectivas y nuevas tecnologías"**, en el

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

que se realizó la **mesa temática 6: Accesibilidad al patrimonio urbano y arquitectónico: Barreras físicas y virtuales.**

3.3.2 5º CONGRESO INTERNACIONAL CIUDAD Y TERRITORIO VIRTUAL, 5CTV

"Estrategias de transformación y gestión de la ciudad; perspectivas y nuevas tecnologías"

Lugar: Sala de Actos del Colegio de Arquitectos de Cataluña, COAC, Barcelona.

Fecha: 02, 03 y 04 de junio de 2009.

Organización: Centro de Política de Suelo y Valoraciones.

Asistentes: 170 personas (aproximadamente)



Figura: Portada del web del congreso (<http://www-cpsv.upc.es/5ctv/INDEX.htm>)

3.3.2.1 ANTECEDENTES

Frente a los constantes cambios en las ciudades actuales, a los grandes procesos de transformación del territorio y a las evoluciones tecnológicas permanentes, que nos ayudan a evaluar el mundo, a representarlo y a generar propuestas de mejora, en una sociedad cada vez más globalizada y con mayor capacidad de conocimiento y acceso a las nuevas tecnologías, es que el año 2000 se creó el Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad (LMVC) como una iniciativa del Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV).

El Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV)

El Centro de Política del Suelo y Valoraciones (CPSV) (<http://www.upc.edu/cpsv>) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) es una unidad científico técnica de

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

investigación creada en 1986, que en 1997 adquirió la condición de centro específico de investigación de la UPC y que integra un colectivo pluridisciplinar de investigadores, que desarrollan investigación y docencia en los campos de la actuación territorial, ambiental, la gestión y administración del urbanismo, la valoración urbana e inmobiliaria, los usos del suelo y herramientas de gestión ambiental, la dirección del planeamiento territorial y urbano, el medio ambiente y la calidad de vida urbana sostenible, etc.

En los últimos años ha trabajado en la aplicación de nuevas sensibilidades como la ecología urbana y la gestión ambiental y en la integración de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), los sistemas de información geográfica (SIG) en el análisis territorial, la modelización virtual de la arquitectura y la ciudad en 3D y la teledetección (remote sensing).

Su objetivo es dinamizar el conocimiento, la innovación y la investigación universitaria, desarrollando metodologías, aplicaciones tecnológicas, optimización de instrumentos urbanos y territoriales, así como la formación de profesionales en sus principales líneas de investigación:

- *Planificación urbana y territorial.*
- *Gestión urbanística.*
- *Valoración urbana e inmobiliaria.*
- *Análisis urbano y territorial con el concurso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (GIS, teledetección y Realidad Virtual).*
- *Ecología Urbana, Gestión y evaluación ambiental de la Ciudad y el Territorio.*

El Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad (LMVC)

El Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad (LMVC) (<http://www-cpsv.upc.es/lmvc>), es una iniciativa del CPSV con el respaldo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB) y en cuya creación participaron conjuntamente el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I (EGAI) y el Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (CAI).

Su objetivo principal es el de trabajar las nuevas tecnologías dirigidas al análisis espacial, la gestión del territorio y la representación del urbanismo y la arquitectura, trabajando en dos líneas de investigación prioritarias; el modelado virtual 3D del territorio, el urbanismo, la arquitectura y la arqueología y el análisis urbano y territorial utilizando los sistemas de información geográfica, SIG.

En el campo de la representación virtual, el Laboratorio, ha contado con la colaboración del Centro de Realidad Virtual (CRV) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Esto ha permitido la inserción de modelos 3D de distintos entornos urbanos de la ciudad de Barcelona en sistemas de inmersión virtual como la CAVE (Computer Animated Virtual Environment) o su proyección estereoscópica en sistemas como la mesas tipo workbench. Asimismo en los últimos años ha trabajado con técnicas de levantamiento con escáner láser, para la obtención de nubes de puntos que permiten elaborar modelos 3D de alta resolución, tanto de entornos urbanos y edificios existentes, como de reconstrucción virtual del patrimonio.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Durante la existencia del Laboratorio se han logrado importantes avances en el campo de la representación virtual y se han elaborado modelos virtuales de diversas ciudades, en un esfuerzo por optimizar las metodologías, sobretodo en lo referido al post-proceso de las nubes de puntos, para la obtención de los modelos. Así en el contexto del LMVC surgió, el año 2004, la idea de realizar el 1er Congreso Internacional de Ciudad y Territorio Virtual (CTV).

El Congreso Internacional de Ciudad y Territorio Virtual (CTV)

El 1er Congreso internacional de Ciudad y Territorio Virtual (CTV) (<http://www-cpsv.upc.es/ctv>) realizado en Barcelona, fue planteado como un lugar de encuentro para presentar algunos desarrollos de modelos virtuales y herramientas de representación del entorno construido, en el marco de las actividades en torno al Forum de la Culturas - Barcelona 2004. En éste se consiguió reunir un grupo de aproximadamente 100 investigadores, que durante tres días discutieron acerca de proyectos y avances en las tres áreas temáticas que se definieron:

- *Ciudades Virtuales en el Mundo*
- *Territorio Virtual y Cartografía 3D*
- *Representación Virtual del Patrimonio*

Al finalizar esta reunión, se decidió continuar con este espacio de encuentro anual y así después de este 1er congreso, se realizó en el año 2005, la segunda edición en Concepción (Chile), (<http://www.ubiobio.cl/2ctv>) en el campus de la Universidad del Bío-Bío. Posteriormente en 2006, en Bilbao, la Fundación Labein - Tecnalia, organizó la tercera edición (http://www.labein.es/3ctv-bilbao/presCong_es.htm) y la cuarta y última fue en octubre de 2007 en Guadalajara y Puerto Vallarta (México), (<http://www.ctv2007.udg.mx/index.php>) organizada por la Universidad de Guadalajara, con un reclamo re-pensar la ciudad y las problemáticas que en ella coexisten.

Durante estos congresos se han presentado un importante número de trabajos por parte de investigadores, estudiantes, profesionales, empresas especializadas, administraciones locales e instituciones de prestigio, que tienen incidencia en las actuaciones urbano-territoriales y que incorporan índices cualitativos para plantear soluciones efectivas a problemas reales, haciendo uso e incorporando las tecnologías y recursos informáticos con los que hoy se cuenta, en la realización de estudios, proyectos y en la búsqueda de propuestas de futuro. En esta última línea de cuestionamientos, se regresa al origen territorial, pero no al punto de partida, hemos avanzado en conocimiento y en interacción, hemos desarrollado vínculos de trabajo y colaboración y sobretodo hemos aprendido.

En este congreso, nos planteamos nuevas preguntas y por ello sin olvidar nuestro interés en el uso de las TIC, como herramientas de análisis y representación de la ciudad, perseguimos descubrir sus potencialidades, como orientadoras en la elaboración de propuestas de desarrollo efectivas en el campo del crecimiento urbano, de la sostenibilidad territorial y del conocimiento y modelado de los nuevos paradigmas de crecimiento y planificación urbana, así como de gestión y economías de las ciudades.

En esta perspectiva proponemos generar un nuevo espacio de encuentro para la búsqueda de soluciones al problema del desarrollo territorial-urbano, considerando la valoración social, la conservación del entorno y del patrimonio, la participación ciudadana

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

y la posibilidad de elaborar propuestas cualitativas para nuestras ciudades y sus habitantes, de cara a las transformaciones que se avecinan en este Siglo XXI.

3.3.2.2 OBJETIVOS

El 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, 5º CTV Barcelona 2009, Estrategias de transformación y gestión de la ciudad; perspectivas y nuevas tecnologías, pretende ser un espacio de encuentro que permita el intercambio de ideas y experiencias adquiridas en las nuevas formas de percibir, interpretar, gestionar y representar las ciudades y territorios que habitamos. Se pretende vislumbrar las actuales realidades territoriales, urbanas y arquitectónicas, las perspectivas de nuevas estrategias de transformación y gestión de la ciudad y respecto de ellas discutir y difundir las formas en que las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, y las aplicaciones de éstas en SIG, modelado 3D, remote sensing y entornos inteligentes, constituyen herramientas efectivas y ágiles para analizar la realidad existente y evaluar de forma eficaz el impacto de las nuevas realidades y propuestas de crecimiento urbano y de distribución territorial. Por ello el congreso se organiza en mesas temáticas orientadas a problemáticas teóricas, que pueden ser evaluadas a partir del uso de las nuevas tecnologías.

3.3.2.3 ESTRUCTURA DEL CONGRESO

Ponencias:

Se realizarán sesiones para la presentación de ponencias, organizadas según las siguientes mesas temáticas:

- **Mesa Temática 1. Crecimiento urbano y consumo de suelo: Ciudad dispersa v/s ciudad compacta**
- **Mesa Temática 2. Entornos virtuales de ciudad y territorio: Integración SIG y modelos de alta definición**
- **Mesa Temática 3. Medio ambiente, energía y sostenibilidad: Aplicaciones en arquitectura y urbanismo**
- **Mesa Temática 4. Aspectos económicos y sociales en el análisis y gestión del territorio y la ciudad**
- **Mesa Temática 5. Paradigmas contemporáneos: Nuevos retos en la transformación de la ciudad**
- **Mesa Temática 6. Accesibilidad al patrimonio urbano y arquitectónico: Barreras físicas y virtuales**

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

MESA TEMÁTICA 6

Accesibilidad al patrimonio urbano y arquitectónico: Barreras físicas y virtuales

El Patrimonio Cultural, se entiende como el conjunto de bienes muebles e inmuebles histórico-artísticos, que permite conocer y comprender nuestra cultura, y que se debe restaurar y mantener, procurando su disfrute y conocimiento presente en beneficio de todos y como garantía para su mejor conservación y aprovechamiento.

En este sentido, desde hace algunos años, la conservación del Patrimonio se considera un aspecto clave para asegurar el desarrollo de una sociedad avanzada y preocupada por el bienestar de sus habitantes. Esta tendencia exige que los ciudadanos puedan acceder al patrimonio urbano y arquitectónico y demanda el desarrollo de acciones que minimicen los efectos de las barreras físicas y virtuales existentes.

Asimismo la movilidad de las personas con grados de discapacidad que encuentran en el espacio urbano y en la arquitectura barreras que condicionan su vida cotidiana es un problema cuyo tratamiento no ha recibido suficiente atención. Considerado el desarrollo de las tecnologías y el papel de éstas en la transmisión de la información, es que debemos entenderlas como herramientas útiles en la reducción de distancias y en la generación de modelos aplicados al patrimonio físico y virtual y asimismo se pueden aplicar las TIC y los SIG para el análisis, gestión, conservación y restauración de dicho patrimonio.

Coordinadora: Rosa Bustamante Montoro

Asistente: Barbara Pucci

Esta mesa temática se realiza en el marco del Proyecto **PATRAC**. “**Patrimonio Accesible: I+D+i para una Cultura sin Barreras**”, financiado por el *Ministerio de Ciencia e Innovación*, MICINN, en la *Convocatoria de Concesión de Ayudas del Programa Nacional de Proyectos de cooperación público-privada en el Subprograma de apoyo a Proyectos Singulares Estratégicos del año 2006 y siguientes*. (PS-380000-2006-2).



PatvAc

Figura: Portada de la mesa temática 6 de la web del congreso
(<http://www-cpsv.upc.es/5ctv/MesasTematicas.htm>)

3.3.2.4 PROGRAMA DEL CONGRESO

Día 1: Martes, 2 de junio de 2009.	
Registro, inscripciones y entrega de material.	Hall - Sala de Actos
<u>Acto Inaugural: Antoni Giró, Oriol Nel·lo, Luís Comerón, Ramon García-Bragado, Ferran Segarra y Josep Roca.</u>	Sala de Actos
Conferencia Inaugural - Oriol Nel·lo.	
Coffee break.	Hall - Sala de Actos
Conferencia magistral - Pedro Abramo.	Sala de Actos
<u>Mesa temática 1.</u>	
Crecimiento urbano y consumo de suelo: Ciudad dispersa v/s ciudad compacta.	
Comida.	H. Bcn Catedral
<u>Mesa temática 2.</u>	
Entornos virtuales de ciudad y territorio: Integración SIG y modelos de alta definición.	Sala de Actos

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

Coffee break.	Hall - Sala de Actos
Conferencia magistral - Jose Antonio Tenedorio.	Sala de Actos
Cierre de conferencias y desplazamiento al Ayuntamiento de Barcelona.	
Acto cultural - Visita a los salones notables del Ayuntamiento de Barcelona.	
Día 2: Miércoles, 3 de junio de 2009.	
Conferencia magistral - Iván Cartes.	Sala de Actos
Coffee break.	Hall - Sala de Actos
Mesa temática 3. Medio ambiente, energía y sostenibilidad: Aplicaciones en arquitectura y urbanismo.	Sala de Actos
Conferencia magistral - Luigi Fusco Girard.	Hall - Sala de Actos
Comida.	H. Bcn Catedral
Conferencia magistral - Daniel González.	Sala de Actos
Mesa temática 4. Aspectos económicos y sociales en el análisis y gestión del territorio y la ciudad.	Sala de Actos
Coffee break.	Hall - Sala de Actos
Conferencia magistral - Marina Bravi.	Sala de Actos
Cierre de actividades.	Sala de Actos
Cena de clausura en el Pabellón Mies Van der Rohe.	
Día 3: Jueves, 4 de junio de 2009.	
Conferencia magistral - Vincent Renard.	Sala de Actos
Coffee break.	Hall - Sala de Actos
Mesa temática 5. Paradigmas contemporáneos: Nuevos retos en la transformación de la ciudad.	Sala de Actos
Comida.	H. Bcn Catedral
Conferencia magistral - Javier Finat.	Sala de Actos
Mesa temática 6. Accesibilidad al patrimonio urbano y arquitectónico: Barreras físicas y virtuales.	Sala de Actos
Coffee break.	Hall - Sala de Actos
Conferencia de clausura - Marcos Vaquer.	Sala de Actos
Acto de clausura. Conclusiones del Congreso y convocatoria al 6º CTV: Marcos Vaquer, Jordi Ludevid, Antonio Ley y Josep Roca.	Sala de Actos

3.3.2.5 PROGRAMA MESA TEMÁTICA 06

Los objetivos de la mesa temática, expuestos a continuación, se desarrollaron en coincidencia con los objetivos de PATRAC: *“El Patrimonio Cultural, se entiende como el conjunto de bienes muebles e inmuebles histórico-artísticos, que permite conocer y comprender nuestra cultura, y que se debe restaurar y mantener, procurando su disfrute y conocimiento presente en beneficio de todos y como garantía para su mejor conservación y aprovechamiento.*

En este sentido, desde hace algunos años, la conservación del Patrimonio se considera un aspecto clave para asegurar el desarrollo de una sociedad avanzada y preocupada

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

por el bienestar de sus habitantes. Esta tendencia exige que los ciudadanos puedan acceder al patrimonio urbano y arquitectónico y demanda el desarrollo de acciones que minimicen los efectos de las barreras físicas y virtuales existentes.

Asimismo la movilidad de las personas con grados de discapacidad que encuentran en el espacio urbano y en la arquitectura barreras que condicionan su vida cotidiana es un problema cuyo tratamiento no ha recibido suficiente atención. Considerado el desarrollo de las tecnologías y el papel de éstas en la transmisión de la información, es que debemos entenderlas como herramientas útiles en la reducción de distancias y en la generación de modelos aplicados al patrimonio físico y virtual y asimismo se pueden aplicar las TIC y los SIG para el análisis, gestión, conservación y restauración de dicho patrimonio.”

Accesibilidad al patrimonio urbano y arquitectónico: Barreras físicas y virtuales
Día 3: Jueves, 4 de junio de 2009 / 16:30 - 18:00

Coordinadora: Rosa Bustamante Montoro Asistente: Barbara Pucci	
16:30	PRESENTACIÓN DE LA MESA Rosa Bustamante Montoro
16:40	1. LA ACCESIBILIDAD FÍSICA E INTELECTUAL EN LOS ITINERARIOS DE VISITA A LOS EDIFICIOS HISTÓRICOS Rosa Bustamante Montoro, Pablo Moreno Dopazo
	2. ELABORACIÓN DE GUÍAS VIRTUALES DE ESTABLECIMIENTOS ACCESIBLES: PROPUESTA DE COLABORACION ENTRE ADMINISTRACIÓN, ASOCIACIONES, UNIVERSIDAD Y EMPRESA Ada García Quismondo
	3. ACC3DE 2.0: HERRAMIENTA INTELIGENTE PARA EL DIAGNÓSTICO Y EL APOYO A LA TOMA DE DECISIONES PARA LA ACCESIBILIDAD EN EL PATRIMONIO Aitziber Egusquiza, Rolando Biere Arenas
	4. ACCESIBILIDAD HORIZONTAL: CONOCER Y CONSERVAR EL PATRIMONIO, CÓMO CONJUGAR UN DERECHO CON UNA NECESIDAD Marta Valero Martínez, Juan Manuel Belda Lois, Pau Natividad Vivó, Rakel Poveda Puente
	5. PROYECTO PATUR. HERRAMIENTAS INNOVADORAS PARA LA GESTIÓN PARTICIPATIVA DE LA CIUDAD HISTÓRICA Cecilia Hugony, Juan Carlos Espada
	PREGUNTAS
	6. RESULTADOS DEL PROGRAMA LOCUS: ESTUDIO PARA LA ACCESIBILIDAD DEL RECORRIDO PEATONAL ENTRE LA PLAZA DE LA FONT Y LA CATEDRAL EN TARRAGONA Marta Bordas Eddy, Carlos Vidal Wagner
	7. LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LOS EDIFICIOS DE PATRIMONIO HISTÓRICO, EPH: METODOLOGÍA DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA Consuelo Del Moral Ávila, Luís Delgado Méndez
	8. LA SIMULACIÓN NUMÉRICA Y MODELOS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y URBANO Florentino Camacho
	9. IDENTIFICACIÓN DE RECORRIDOS ACCESIBLES EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD Consuelo Del Moral Ávila, Laura Bechinie Von Lazan

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

10. METODOLOGÍA PARA LA EXPLOTACIÓN DE DATOS ESCÁNER LASER TERRESTRE EN ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD FÍSICA AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Pau Queraltó i Ros, Barbara Pucci, Pilar García Almirall

PREGUNTAS

Es importante destacar que en la mesa temática 6 fueron recibidos 17 abstracts, de los que fueron aceptados 12 y finalmente se presentaron 10 ponencias, de las cuales 4 son directamente producto de PATRAC y dos de ellas de aspectos relacionados con el proyecto.

En la preparación del congreso participó el equipo del CPSV y en la preparación de la mesa temática asociada a PATRAC, se trabajó en contacto permanente con los socios de PATRAC, de la misma manera se realizó la difusión el mismo en diversas instituciones relacionadas con el patrimonio.

Otro aspecto que se debe destacar, es que además de la participación de los miembros del CPSV, en la organización del 5CTV, se contó con la participación de otros socios en distintas actividades, sin mencionar las ponencias, que ya han sido descritas en el apartado anterior.

- **Rosa Bustamante Montoro**, de la Universidad Politécnica de Madrid, participó como Coordinadora de la mesa temática 6.

- **Javier Finat Codes**, de la Universidad de Valladolid, Uva, participó con una conferencia magistral invitada, de título: **Hacia la gestión integral del acceso físico y virtual a bienes de interés cultural: modelos y herramientas software**, en coautoría con Delgado del Hoyo, Francisco Javier; Martínez García, Rubén y Hurtado García, Antonio, todos miembros del Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica, de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid, Uva.

También se debe destacar la participación de participantes de PATRAC en el Comité Científico Internacional.

- **Pere Brunet Crosa**. Doctor Ingeniero Industrial. Director del Centro de Realidad Virtual de Barcelona, CRV, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. (España)

- **Pilar García Almirall**. Doctora Arquitecta. Adjunta a la dirección del Centro de Política del Suelo y Valoraciones, CPSV. Catedrática del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. (España)

3.3.3 CONCLUSIONES

La realización de actividades de difusión, como congresos permite la interacción de los socios entre sí, así como entre estos y otras personas relacionadas con problemáticas de asociadas al patrimonio y la accesibilidad. Actualmente se está trabajando en la elaboración, corrección editorial y diagramación del libro y del CD de proceedings (ambos con ISBN), cuya distribución será realizada a todos los participantes del congreso, a todas las instituciones que tengan incidencia en el tema de la accesibilidad en el patrimonio y a todas y todos los socios de PATRAC.

E6.1 - Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados

4 CONCLUSIONES DEL ENTREGABLE

Hasta este momento, en lo referente a la difusión se ha conseguido un importante impacto a nivel nacional y también internacional mediante, la realización del 5CTV. Estas contribuciones se entregarán en el respectivo entregable, (Libro de proceedings en digital y papel) que está actualmente en elaboración debido a que el congreso se realizó del 2 al 4 de junio de 2009.

Es importante destacar la interacción que los socios han realizado, no solo en la realización de las tareas del proyecto, sino también a efectos de la difusión, ya que tanto algunos de los artículos en revistas como de las ponencias en congresos han sido elaboradas en coautoría por equipos de socios, como por ejemplo. Labein-DDM-UPC, Labein-UPC o Acceplan-IBV.

Finalmente podemos decir que en lo que respecta al E6.1, Artículos y reportajes publicados en los diferentes canales de difusión implicados en esta tarea, que a la fecha se han presentado un total de 2 artículos de difusión general y 7 de difusión científica, 4 ponencias, además de las presentadas en el 5CTV, 2 presentaciones en ferias, una comunicación por radio y se han utilizados 4 web de difusión de actividades. Por lo que, se han conseguido hasta la fecha todos los objetivos previstos.